HIDROLOGIE

CUPRINS

Introducere 7

PARTEA ÎNTÂI

PROBLEME GENERALE DE HIDROLOGIE

1. **Noțiuni generale de hidrologie. Răspândirea și circulația apei pe glob** (I.P., L.Z.) 9
   - 1.1. Obiectul și problemele hidrologiei 9
   - 1.2. Legătura hidrologiei cu alte științe și domeniile de aplicare ale hidrologiei 10
   - 1.3. Metode de cercetare în hidrologie 11
   - 1.4. Repartiția apei pe glob 14
   - 1.5. Circuitul apei în natură și bilanțul hidrologic 14
     - 1.5.1. Circuitul local al apei 15
     - 1.5.2. Circuitul universal al apei. Bilanțul hidrologic 17
     - 1.5.3. Principalele procese și componente ale circuitului apei în natură 17
2. **Apa și proprietățile ei generale. Poluarea și protecția apelor** (L.Z.) 22
   - 2.1. Proprietățile generale ale apei lichide 22
     - 2.1.1. Proprietățile fizice și organoleptice 22
     - 2.1.2. Proprietățile chimice 25
     - 2.1.3. Proprietățile biologice și bacteriologice 28
   - 2.2. Poluarea apelor și acțiuni privind protecția și conservarea calității lor. 28
     - 2.2.1. Poluarea apelor 28
     - 2.2.2. Acțiuni privind protecția și conservarea resurselor de apă 29
     - 2.2.3. Poluarea apelor în România și protecția lor 30
3. **Importanța apei în natură și pentru activitățile social-economice** (I.P., L.Z.) 31
   - 3.1. Rolul apei în procesele naturale 31
     - 3.1.1. Rolul apei în procesele geochimice și geofizice 32
     - 3.1.2. Rolul apei în procesele biologice 32
     - 3.1.3. Influența apei asupra climatului 33
     - 3.1.4. Rolul apei în modelarea reliefului 33
   - 3.2. Importanța apei pentru activitățile social-economice 33
     - 3.2.1. Alimentarea populației 34
     - 3.2.2. Alimentarea industriei 34
     - 3.2.3. Apa ca mijloc de comunicație 35
     - 3.2.4. Apa ca sursă de energie 35
     - 3.2.5. Importanța apei pentru irigații 36
     - 3.2.6. Apa ca sursă de hrană și de materii prime 37
     - 3.2.7. Rolul apei în activitățile de turism, agrement și ocrotirea sănătății 37
4. **Resursele de apă și valorificarea lor în turism** (L.Z.) 38
   - 4.1. Unitățile acvatice și potențialul lor turistic 38
   - 4.2. Tipuri de turism favorizate de valorificarea resurselor acvatice 40
     - 4.2.1. Turismul litoral maritim 40
     - 4.2.2. Turismul de cură balneară 42
     - 4.2.3. Turismul lacustru 42
     - 4.2.4. Turismul montan 42
5. **Teme de control** (L.Z.) 44

BCU CLUJ LIBRARY

PARTEA A DOUA

APELE SUBTERANE (HIDROGEOLOGIE)

6. Noţiuni generale de hidrogeologie (I.P., L.Z.) 46
6.1. Originea apelor subterane şi teorii asupra formării lor 46
6.2. Proprietăţile hidrogeologice ale rocilor 47
6.3. Categoriile de apă din roci 50
6.4. Distribuţia apelor subterane pe verticală 52
6.5. Circulaţia apelor subterane 53
6.5.1. Factorii circulaţiei apelor subterane 53
6.5.2. Mişcarea laminară şi turbulentă a apei subterane 54
6.5.3. Principalii parametri ce caracterizează scurgerea apei subterane 55
6.5.4. Direcţia de scurgere a apei subterane 57
7. Straturile acvifere (I.P., L.Z.) 59
7.1. Consideraţii generale 59
7.2. Straturile acvifere libere (freatice) 61
7.2.1. Caracteristici generale 61
7.2.2. Alimentarea straturilor acvifere freatice 61
7.2.3. Tipuri de straturi acvifere freatice 63
7.3. Straturile acvifere captive (de adâncime) şi tipologia lor 66
7.4. Nivelul piezometric şi regimul său de variaţie 67
7.4.1. Factorii care influenţează oscilaţia nivelului piezometric 67
7.4.2. Regimul oscilaţiilor nivelului piezometric 68
7.5. Resursele de apă subterană ale României şi calitatea lor 69
8. Izvoarele (I.P.) 71
8.1. Clasificarea izvoarelor 71
8.1.1. Clasificarea izvoarelor după situaţia geologică 71
8.1.2. Clasificarea izvoarelor după temperatură 76
8.1.3. Apele minerale 77
8.1.3.1. Definiţie, geneză, tipologie 77
8.1.3.2. Răspândirea geografică a izvoarelor minerale din România 78
8.1.4. Apa plată 81
9. Lucrări practice şi teme de control (D.D., L.Z.) 83
9.1. Întocmirea hărţilor tematice privind apele subterane cu hidroizohipse şi hidroizobate 83
9.1.1. Întocmirea hărţii cu hidroizohipse 83
9.1.2. Determinarea direcţiei de curgere a apelor subterane 87
9.2. Teme de control 89

PARTEA A TREIA

HIDROLOGIA RÂURILOR (POTAMOLOGIE)

10. Bazinul hidrografic şi elementele sale caracteristice (L.Z.) 92
10.1. Cumpăna de ape 92
10.2. Elementele ce caracterizează bazinul hidrografic 93
11. Reţeaua hidrografică (I.P.) 100
11.1. Principalele forme de scurgere a apei 100
11.1.1. Apele cu scurgere temporară 100
11.1.2. Apele cu scurgere permanentă 101
11.2. Ierarhizarea reţelei hidrografice 103
11.3. Elemente ce caracterizează reţeaua hidrografică 103
12. Văile râurilor (I.P.) 105
12.1. Geneza şi elementele văilor 105
12.2. Profilul longitudinal şi transversal al albiei 109
12.2.1. Profilul longitudinal 109

BCU Cluj / Central University Library

12.2.2. Profilul transversal al râului şi elementele lui hidraulice 111
13. Dinamica apei râurilor (I.P., L.Z.) 113
13.1. Viteza apei râurilor 114
13.1.1. Consideraţii generale 114
13.1.2. Dispozitive de măsurare a vitezei apelor curgătoare 116
13.2.3. Determinarea vitezei medii a apei 118
14. Nivelul apei râurilor (I.P., L.Z.) 120
14.1. Dispozitive de determinare a nivelului apei râurilor 120
14.2. Măsurarea nivelului apei 123
14.3. Prelucrarea nivelurilor 124
15. Debitul de apă (I.P., L.Z.) 127
15.1. Metode de determinare a debitului de apă 127
15.1.1. Determinarea debitului de apă prin metoda secţiune-viteză, utilizând morişca hidrometrică 128
15.1.2. Metode directe de determinare a debitului de apă 130
15.1.2.1. Metoda volumetrică 130
15.1.2.2. Metoda chimică (a diluţiei) 130
15.1.2.3. Metoda deversorilor hidrometrici şi a canalelor calibrate 131
15.1.3. Determinarea debitelor de apă cu ajutorul cheii limnimetrice . 132
15.2. Prelucrarea debitelor de apă 134
15.2.1. Debite caracteristice 134
15.2.2. Metode grafice de prelucrare a debitelor lichide 135
16. Scurgerea apei râurilor (I.P., L.Z.) 137
16.1. Alimentarea râurilor 138
16.2. Factorii scurgerii râurilor 138
16.3. Modalităţi de exprimare a scurgerii apei râurilor 140
16.4. Principalele tipuri de scurgere 141
16.4.1. Scurgerea medie. 142
16.4.2. Scurgerea maximă 143
16.4.3. Scurgerea minimă 143
16.5. Fenomene hidrologice extreme 144
16.5.1. Viiturile 144
16.5.2. Etiajul şi secarea râurilor 146
16.6. Regimul hidrologic al râurilor 147
16.7. Bilanţul hidrologic al râurilor 148
17. Scurgerea de aluviuni (scurgerea solidă) (L.Z.) 150
17.1. Formarea aluviunilor şi factorii care o influenţează 150
17.2. Aluviunile în suspensie 151
17.2.1. Modalităţi de exprimare a scurgerii de aluviuni în suspensie 151
17.2.2. Determinarea debitului de aluviuni în suspensie 152
17.2.2.1. Colectarea şi filtrarea probelor de aluviuni în suspensie 152
17.2.2.2. Calcularea debitului de aluviuni în suspensie 153
17.2.3. Prelucrarea debitelor de aluviuni în suspensie 155
17.3. Aluviunile târâte şi sedimentate 156
18. Regimul termic şi de îngheţ al râurilor (I.P., L.Z.) 157
18.1. Temperatura apei râurilor 157
18.2. Regimul de îngheţ al râurilor 159
19. Chimismul apei râurilor (L.Z.) 161
20. Lucrări practice şi teme de control (D.D., L.Z.) 164
20.1. Caracteristicile morfometrice ale bazinului hidrografic 164
20.1.1. Delimitarea bazinului hidrografic prin trasarea cumpenei de ape 166

20.1.2. Determinarea suprafeței bazinului hidrografic 166
20.1.3. Caracteristici morfometrice ale bazinului hidrografic 170
20.2. Caracteristici morfometrice ale rețelei hidrografice 178
20.3. Măsurarea vitezei apei și a debitului lichid cu ajutorul mioriștii hidrometrice 183
20.4. Temă de control 187

PARTEA A PATRA

NOȚIUNI DE LIMNOLOGIE, TELMATOLOGIE ȘI GLACIOLOGIE

21. Lacurile și clasificarea lor după originea cuvetelor lacustre (I.P., L.Z.) 189
21.1. Considerații generale 189
21.2. Originea lacurilor și clasificarea lor după geneza cuvetei 190
21.2.1. Lacurile rezultate din acțiunea factorilor interni 190
21.2.2. Lacurile rezultate din acțiunea factorilor externi 193
22. Principalele elemente morfologice și morfometrice ale lacurilor (I.P., L.Z.) 200
22.1. Principalele elemente morfologice 200
22.2. Principalele elemente morfometrice 201
23. Dinamica apelor din lacuri (I.P.) 204
23.1. Mișcările permanente 204
23.2. Mișcările periodice 205
24. Bilanțul apei din lacuri și regimul variațiilor de nivel (I.P.) 208
24.1. Bilanțul apei din lacuri 208
24.2. Regimul variațiilor de nivel 209
25. Temperatura apei lacurilor (I.P., L.Z.) 211
25.1. Considerații generale 211
25.2. Tipuri de stratificație termică a lacurilor 212
25.3. Tipologia lacurilor în funcție de stratificația termică 213
25.3.1. Lacurile holomictice 213
25.3.2. Lacurile meromictice 215
25.4. Regimul de îngheț și de dezgheț al lacurilor 216
26. Caracteristici fizice și chimice ale apei lacurilor (I.P.) 217
26.1. Transparența și culoarea apei din lacuri 217
26.2. Compoziția chimică a lacurilor și clasificarea acestora după gradul de mineralizare 217
26.3. Gazele din apa lacurilor 219
27. Viața din apa lacurilor (I.P., L.Z.) 220
28. Elemente de hidrometria lacurilor (L.Z.) 221
29. Noțiuni de telmatologie (I.P.) 224
29.1. Geneza și tipologia mlaștinilor 224
29.2. Regimul hidrologic al mlaștinilor 225
29.3. Răspândirea mlaștinilor și importanța lor economică 225
30. Noțiuni de glaciologie (I.P., L.Z.) 226
30.1. Limita climatică a zăpezilor permanente și formarea ghețarilor 226
30.2. Mișcarea ghețarilor 228
30.3. Tipuri de ghețari 228
30.4. Procesele exercitare de ghețari 230
30.5. Răspândirea geografică a ghețarilor și importanța lor hidrologică 232
31. Lucrări practice și teme de control (D.D., L.Z.) 233
31.1. Elemente de batimetrie a lacurilor 234
31.2. Elementele de morfometrie lacustră 237
31.3. Bilanțul hidric al lacurilor 239
31.4. Teme de control 242
Bibliografie 243
Imagini fotografice 244

INTRODUCERE

Apa reprezintă unul din elementele naturale indispensabile existenței lumii vii. Ea are are un rol fundamental în desfășurarea proceselor naturale (fizico-chimice, biologice, climatice, în modelarea reliefului) și a activităților social-economice, constituind un mijloc important de comunicație și de apărare, o materie primă pentru industrie, o sursă apreciată pentru energie, pentru irigarea culturilor, alimentarea populației.

Prin diferitele ei forme de manifestare și prin larga răspândire pe care o are, apa alcătuiește unul dintre cele mai extinse învelișuri ale Terrei, cunoscut sub numele de **HIDROSFERĂ**. Acesta se află în relații de interacțiune și influență reciprocă cu celelalte sfere ale Pământului (atmosfera, litosfera și biosfera).

Știința care se ocupă cu studiul diferitelor unități acvatice, cu fenomenele și procesele dinamice, fizice și chimice specifice acestor unități, precum și cu modul de folosință a apelor pentru diferitele necesități social-economice este **HIDROLOGIA**. Ea este definită pe scurt știința apelor sau știința care studiază hidrosfera.

În cadrul Hidrologiei, pot fi distinse două mari domenii: hidrologia mărilor și oceanelor și hidrologia uscatului sau hidrologia continentală. Prezentul curs, cu excepția primei părți, se referă la **hidrologia continentală** și abordează probleme specifice pentru cinci dintre subdomeniile sale majore, și anume: **potamologia** (studiază apele curgătoare, dinamica lor, regimul scurgerii și parametrii hidrologici care le sunt caracteristici, bazinele hidrografice, proprietățile fizico-chimice ale apei râurilor); **limnologia** și **telmatologia** (se ocupă cu studierea genezei și evoluției unităților lacustre, bălților și mlaștinilor, a caracteristicilor fizice și chimice ale apei, precum și a dinamicii și procesele de sedimentare din cuprinsul acestor unități acvatice); **glaciologia** (cercetează modul de formare a ghețarilor, dinamica, acțiunile lor de eroziune, transport, acumulare, tipurile de ghețari și răspândirea lor); **hidrogeologia** (studiază caracteristicile straturilor acvifere, evoluția suprafețelor piezometrice, circulația apelor subterane, modalitățile de explorare și exploatare a acviferelor).

Lucrarea de față se adresează, în principal, studenților de la diferitele domenii și specializări din cadrul Facultății de Geografie a Universității din București, ce urmează atât cursurile la zi, cât și formele de Învățământ Deschis la Distanță (IDD) organizat de CREDIS și de Învățământ cu Frecvență Redusă (IFR). În același timp, lucrarea poate fi utilă profesorilor de geografie din învățământul preuniversitar în vederea pregătirii pentru

obţinerea diferitelor grade didactice, precum şi tuturor celor interesaţi de domeniul hidrologiei.

Prezentul curs constituie o nouă ediţie, revizuită şi completată, a lucrărilor anterioare de *HIDROLOGIA USCATULUI* publicate în anul 2003 de editurile Universitară şi Credis. Completările constau, în principal, în introducerea la sfârşitul părţilor majore a unor teme şi lucrări practice adecvate anumitor probleme din conţinutul temei. În acelaşi timp, actuala ediţie reprezintă o variantă sintetizată a cursului de *HIDROLOGIE* publicat în 2001 şi 2002 de Editura Universităţii din Bucureşti şi pe care îl recomandăm pentru completarea informaţiilor.

Cursul este structurat în patru părţi principale, care acoperă problematica esenţială a hidrologiei continentale: **I. Probleme generale de hidrologie; II. Apele subterane (Hidrogeologie); III. Hidrologia râurilor (Potamologie); IV. Noţiuni de limnologie, telmatologie şi glaciologie.** Capitolele au fost prevăzute la final cu întrebări recapitulative de autoevaluare, care să permită studenţilor pe de o parte să-şi verifice modul în care au înţeles şi şi-au însuşit informaţiile de bază cuprinse în capitolul respectiv, iar pe de altă parte, să-şi fixeze aceste informaţii. În scopul evidenţierii termenilor importanţi, de reţinut, ei au fost redactaţi cu caractere diferite (aldine, italice, aldine italice). De asemenea, la sfârşitul fiecăreia dintre cele patru părţi majore au fost realizate sinteze ale noţiunilor şi termenilor importanţi, care să permită o dată în plus studenţilor recapitularea şi fixarea lor şi în final, însuşirea lor temeinică.

Întrucât activitatea proprie de investigare este deosebit de importantă în dobândirea şi înţelegerea cunoştinţelor, iar hidrologia presupune numeroase activităţi practice, în cadrul cursului sunt propuse unele teme de control. Acestea îi pun pe studenţi în situaţia fie de a dezvolta problematica prezentată în curs prin consultarea unor materiale suplimentare, fie de a aplica concret unele cunoştinţe teoretice expuse în curs, prin rezolvarea unor probleme ce presupun calcule şi măsurători asupra unor parametri morfohidrologici. Realizarea temelor de control este bazată în mare măsură pe consultarea lucrărilor practice incluse la sfârşitul temelor majore ale cursului, lucrări ce conţin exemple detaliate de rezolvare a unor probleme practice.

Sperăm că parcurgerea acestui curs va permite studenţilor să-şi însuşească în condiţii optime cunoştinţele de bază din domeniul hidrologiei continentale şi le va trezi interesul pentru aprofundarea acestui domeniu atât de important pentru existenţa umană.

PARTEA ÎNTÂI

PROBLEME GENERALE DE HIDROLOGIE

Obiective

Informațiile prezentate în capitolele din această primă parte au drept scop familiarizarea studenților cu problematica generală a hidrologiei (obiect de cercetare, ramuri și subramuri, legăturile pe care le are cu alte științe, importanța sa ca știință, metode specifice de cercetare), înțelegerea de către studenți a modului de repartiție și circulație a apei în natură, a proceselor care intervin în această circulație. Este vizată, de asemenea, cunoașterea proprietăților apei (fizice, organoleptice, chimice, biologice și bacteriologice) și a importanței acesteia pentru procesele naturale și activitățile social-economice. Aspectele privitoare la poluarea apelor și acțiuni privind protecția și conservarea calității lor urmăresc sensibilizarea studenților la vulnerabilitatea sporită la poluare pe care o prezintă resursele acvatice și înțelegerea necesității de a se acționa prin multiple și diverse mijloace în vederea protejării și dezvoltării lor durabile. Un capitol important al acestei teme este consacrat prezentării potențialului turistic deținut de resursele de apă și modului în care acesta este valorificat. În final sunt cuprinse două teme de control ce au drept scop dezvoltarea de către studenți a unor aspecte expuse în curs.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI

1. NOȚIUNI GENERALE DE HIDROLOGIE. RĂSPÂNDIREA ȘI CIRCULAȚIA APEI PE GLOB

1.1. OBIECTUL ȘI PROBLEMELE HIDROLOGIEI

Hidrologia este, pe scurt, știința apelor (în limba greacă *hidros* = apă și *logos* = știință). Ea se ocupă cu studiul hidrosferei, înveliș complex aflat în strânsă interacțiune cu celelalte geosfere (atmosfera, litosfera și biosfera). Ținând seama de complexitatea structurală și funcțională a obiectului său de cercetare, hidrologia poate fi definită mai pe larg ca știința care studiază toate tipurile de unități acvatice, din punct de vedere al formării, circulației și distribuției lor, al proprietăților fizice și chimice care le caracterizează, al proceselor și legilor generale care acționează în hidrosferă, precum și al modalităților de valorificare a resurselor de apă.

Întrucât are drept obiect de studiu un element al mediului natural, hidrologia este încadrată în categoria **științelor fizico-geografice** sau **naturale.** În același timp, prin metodologiile de investigare, analiză și prelucrare a informațiilor, hidrologia este o **știință inginerească**. Cele două aspecte se completează reciproc și conferă o individualitatea aparte hidrologiei. Astfel, ca știință naturală, hidrologia reflectă îndeosebi aspectele de ordin calitativ, privitoare la diferitele tipuri de unități acvatice și caracteristici ale lor, utilizând, cu precădere, metode descriptive, explicative, conceptuale. Ca știință inginerească, hidrologia permite abordări cantitative și oferă astfel posibilitatea soluționării numeroaselor aspecte de ordin practic (legate de valorificarea resurselor de apă, de protecția lor, de diminuarea riscurilor hidrologice etc.).

Datorită obiectului de cercetare foarte vast şi diversificat, hidrologia ca ştiinţă a fost divizată în două mari domenii: **hidrologia uscatului** sau **hidrologia continentală** şi **hidrologia mărilor şi oceanelor**. Această structurare a fost impusă de diferenţele importante dintre caracteristicile, procesele şi fenomenele specifice celor două medii.

Hidrologia continentală, care formează obiectul prezentului curs, cuprinde mai multe subramuri:

- ***potamologia*** (în lb. greacă *potamos* = râu) se ocupă cu studiul apelor curgătoare de pe continente;
- ***limnologia*** (în lb. greacă *limnos* = lac) studiază geneza, evoluţia şi proprietăţile unităţilor lacustre naturale şi artificiale;
- ***telmatologia*** are ca obiect de cercetare mlaştinile;
- ***glaciologia*** studiază răspândirea zăpezilor permanente şi a gheţarilor, geneza şi mişcarea lor, tipurile de gheţari;
- ***hidrogeologia*** se ocupă cu cercetarea apelor subterane, în scopul cunoaşterii modalităţilor de formare a straturilor acvifere şi izvoarelor, a caracteristicilor lor, a circulaţiei apelor subterane, a proprietăţilor hidrogeologice ale rocilor;
- ***hidrometria*** se ocupă cu organizarea posturilor şi staţiilor hidrometrice din reţeaua de râuri, lacuri, mlaştini ale unui teritoriu, cu metodele şi procedeele de măsurare şi prelucrare a elementelor hidrologice (niveluri, debite lichide şi solide, temperatura, chimismul apelor etc.).

În ultimii ani, în cadrul hidrologiei continentale s-au individualizat ramuri noi, precum:

- ***hidrologie urbană*** care studiază caracteristicile proceselor hidrologice din spaţiile urbanizate şi
- ***hidrologie rurală*** care cercetează funcţionarea sistemelor hidrografice în relaţie cu modul de utilizare a terenurilor şi cu practicile asociate fiecărui tip de folosinţă.

Ca o ramură aparte a hidrologiei poate fi considerată ***gospodărirea apelor***, care înglobează un ansamblu de acţiuni menite să conducă, în principal, la: cunoaşterea caracteristicilor cantitative şi calitative ale unităţilor acvatice; valorificarea resurselor de apă pentru asigurarea necesităţilor sociale şi economice; conservarea, dezvoltarea şi protecţia fondului acvatic; prevenirea şi combaterea efectelor distructive ale apelor.

1.2. LEGĂTURA HIDROLOGIEI CU ALTE ŞTIINŢE ŞI DOMENIILE DE APLICARE ALE HIDROLOGIEI

Apa constituie obiectul de studiu şi al altor ştiinţe cu care hidrologia este în strânsă legătură. Dintre acestea menţionăm:

- *hidrofizica şi hidrochimia*, care se ocupă cu studiul caracteristicilor fizice, respectiv chimice ale apelor;
- *hidraulica*, ce studiază dinamica apelor;
- *hidroenergetica*, al cărei scop este cunoaşterea potenţialului energetic al apelor şi posibilitatea valorificării lui;
- *hidrotehnica*, ce studiază modalităţile şi tehnicile de realizare a lucrărilor de amenajare a unităţilor acvatice;
- *hidrobiologia*, ale cărei preocupări constau în studierea ecosistemelor din mediul acvatic.

Hidrologia, ca ştiinţă geografică şi în acelaşi timp inginerească, prezintă o arie largă de aplicaţii, întrucât apa constituie un element esenţial pentru viaţa omului şi activităţile social-economice. Cunoştinţele şi cercetările hidrologice sunt utilizate în diferite domenii de valorificare a apelor: alimentări cu apă potabilă şi industrială, irigaţii, piscicultură, producere de energie electrică, navigaţie, construcţii hidrotehnice, amenajări pentru agrement şi ocrotirea sănătăţii, utilizarea forţei mecanice a apei (pentru mori de apă, joagăre, gatere, pive, darace de lână) etc.

1.3. METODE DE CERCETARE ÎN HIDROLOGIE

În cercetarea hidrologică sunt utilizate diferite metode, multe dintre ele fiind folosite şi de alte ştiinţe ale naturii. Dintre cele specifice hidrologiei se remarcă: metoda observaţiilor staţionare, metoda observaţiilor expediţionare şi metoda cercetărilor experimentale.

Metoda observaţiilor staţionare constă în observaţii şi măsurători efectuate la posturile hidrometrice, după un anumit program, asupra variaţiilor de nivel, debitelor de apă, debitelor de aluviuni, temperaturii, transparenţei, culorii apei, a reziduului fix etc. Datele obţinute pe baza unor observaţii regulate, pe intervale mari de timp, servesc la realizarea de sinteze şi generalizări ale unor parametri de ordin hidrologic şi permit desprinderea unor legităţi în manifestarea diferitelor fenomene şi procese hidrologice.

Metoda observaţiilor expediţionare este folosită pentru regiunile greu accesibile, unde nu se pot instala posturi hidrometrice fixe pentru executarea unor măsurători şi observaţii regulate (zilnice, lunare sau sezoniere). Observaţiile expediţionare se desfăşoară pe baza unui plan itinerant în care se are în vedere atât executarea de măsurători pentru obţinerea unor date cantitative de ordin hidrologic, cât şi efectuarea de observaţii comparative cu scop aplicativ. Observaţiile expediţionare oferă astfel posibilitatea cunoaşterii diferiţilor parametri hidrologici (debite, viteza apelor, indici morfometrici, temperatură, salinitate etc.) pentru perioade de timp determinate, cu frecvenţe diferite, în funcţie de scopul cercetării.

Metoda cercetărilor experimentale permite reproducerea unor fenomene hidrologice naturale la scară redusă, în vederea cunoaşterii şi înţelegerii legităţilor lor de manifestare.

1.4. REPARTIŢIA APEI PE GLOB

Din suprafaţa totală a Globului Pământesc de 510 mil. km^2, apa ocupă 361,3 mil. km^2 sau 70,8%, iar uscatul 148,8 mil. km^2 - 29,2%. Această disimetrie în distribuţia mărilor şi a uscatului se menţine şi în cadrul celor două emisfere. Cea mai mare parte a uscatului se află răspândită în emisfera nordică (Asia, Europa, America de Nord, Africa de Nord), în timp ce emisfera sudică cuprinde cea mai mare parte a Americii de Sud, partea îngustă a Africii, Australia şi Antarctica. Emisfera Nordică mai poartă denumirea şi de ***emisfera continentală***, cu toate că apa ocupă o suprafaţă mai mare (154,5 mil. km^2 sau 60,7%) în comparaţie cu a uscatului (100,5 mil. km^2 sau 39,3%). Emisfera sudică mai poartă numele şi de ***emisfera oceanică***, deoarece apa ocupă o suprafaţă de 206,5 mil. km^2 (81%), iar uscatul un areal foarte restrâns, de 48,5 mil. km^2 (19%).

Oceanul Planetar este divizat în patru mari bazine oceanice: Pacific, Atlantic, Indian şi Îngheţat (Arctic). Oceanul Îngheţat, datorită faptului că este înconjurat

din toate părţile de uscat, este considerat ca o „Mediterană Arctică". În tabelul nr. 1.1. este redată repartiţia uscatului pe cele şase continente şi suprafaţa celor patru mari bazine oceanice.

Tabelul nr. 1.1.

Repartiţia oceanelor şi a continentelor

Denumirea oceanului	Suprafaţa în (mil.km^2)	%	Denumirea continentului	Suprafaţa în (mil.km^2)	%
Pacific	178,7	49,5	Europa	10,5	7
Atlantic	91,7	25,4	Asia	44,35	29,8
Indian	76,2	21,1	Africa	29,8	20
Îngheţat (Arctic)	14,7	4,0	America de Nord şi America de Sud	42,12	28,2
			Australia, Oceania	8,93	6
			Antarctica	13,3	9
Oceanul Planetar	361,3	100	**Uscat**	149	100

În cuprinsul uscatului există două feluri de regiuni: unele cu bazine hidrografice care au scurgere directă spre mare (Oceanul Planeta) numite ***regiuni exoreice*** şi altele lipsite de scurgere (închise) numite ***regiuni endoreice***. Cele mai întinse regiuni endoreice se întâlnesc în Africa (Sahara, Namib), în Asia (Bazinul Mării Caspice, Lacul Aral, Lacul Balhaş, Pustiul Arabiei, Pustiul Thar), în Australia (Pustiul Central Australian), în America de Sud (Pustiurile Camanchacas, Costero şi Cardonales). Regiunea endoreică însumează o suprafaţă de 32,1 mil. km^2 ceea ce reprezintă 21,5% din întinderea uscatului. Regiunea exoreică totalizează o suprafaţă de 117 mil. km^2 şi cuprinde sisteme fluviatile simple şi complexe, lacuri, bălţi, mlaştini etc.

Pe suprafaţa Pământului care este, după cum am precizat, de 510 mil. km^2 se află un volum total de apă estimat la 1386 mil. km^3. Din această cantitate Oceanului Planetar îi revin 1336 mil. km^3 adică 96,5%.

În albia minoră a râurilor se află o rezervă de apă estimată la aproximativ 1200 km^3 (după alte informaţii această cantitate ar fi mult mai mică, de circa 1120 km^3). Această rezervă de apă reprezintă cantitatea existentă la un moment dat în albia tuturor râurilor. Din calculele efectuate rezultă că în cursul unui an pe râurile Terrei se scurg 35000 km^3 de apă (după alte calcule ar rezulta un volum de 46800 km^3). La volumul de apă scurs prin albia râurilor se adaugă şi apele rezultate din topirea gheţarilor continentali (Antarctida şi Groenlanda) care se cifrează la 1800 km^3. Ca urmare a acestui fapt se ajunge ca anual apele râurilor să realizeze un volum de 36800 km^3. O anumită cantitate de apă se află stocată în cuvetele lacurilor, în mlaştini, gheţari etc.

Datele cantitative sunt foarte diferite de la o sursă la alta de informare. Până în prezent se ştie că depresiunile lacustre deţin 700000 km^3 (după P. Gâştescu - 1990 - se apreciază 176000 km^3), gheţarii 24,1 mil. km^3, iar apa din sol 82000 km^3 (după alţii 16500 km^3).

În regiunile endoreice, volumul scurgerii anuale prin albiile râurilor este de aproximativ de 500 km^3 . În regiunile exoreice scurgerea anuală însumează un volum de 36300 km^3 de apă.

Resursele de apă dulce. Satisfacerea necesităților de consum ale populației și ale activităților social-economice se bazează, aproape în exclusivitate, pe utilizarea apei dulci. Aceasta nu reprezintă însă decât 2,5% (cca. 35 mil. km^3) din volumul total de apă de pe Terra. În plus, 68,7% din resursele de apă dulce sunt cantonate în gheţari şi zăpezi veşnice, iar 30% în apele subterane. Lacurile şi râurile, unităţi acvatice a căror apă este cel mai uşor de utilizat, constituie doar 0,26% (91 000 km^3), respectiv 0,006% (2120 km^3) din resursele de apă dulce existente pe Glob (Zăvoianu, 1999).

În condiţiile menţionate, apare evident faptul că potenţialul acvatic folosibil de către omenire este destul de limitat. Conform datelor din *World Ressources* 1998 – 99, resursele anuale regenerabile de apă dulce se cifrează la cca. 41 000 km^3. Din această cantitate se consumă pentru diferite folosinţe cu puţin peste 3200 km^3/an (tab. nr. 1.2.).

Tabelul nr. 1.2.

Date privind resursele de apă dulce utilizabile şi utilizate
(după *World Ressources 1998 – 1999*)

Unitatea teritorială	Resursele anuale utilizabile de apă dulce			Cantităţi de apă utilizate anual		Consumul mediu de apă pe locuitor(2)	
	Total (km^3)	%	Pe locuitor (m^3/loc/an)(1)	Total (km^3)	Anul	m^3/loc/an	l/loc/zi
Mondial	41022	100	6918	3240	1987	43	118
Europa	6234	15	8547	455,3	1995	91	249
Africa	3996	10	5133	145,4	1995	15,6	42
America de Nord	5309	13	17458	512,496	1991	251	688
America Centrală	1057	3	8084	96	1987	53,3	146
America de Sud	9526	23	28702	106,2	1995	69	189
Asia	13207	32	3680	1634	1987	31,6	86
Oceania	1614	4	54,8	16,7	1995	382	1047

1) Resursele pe locuitor corespund anului 1998.

2) Valori aproximative, obţinute de autori prin raportarea volumelor de apă utilizate pentru alimentarea populaţiei la numărul de locuitori (consumul corespunde anului menţionat la *Cantităţi de apă utilizate anual*).

Un factor restrictiv major în utilizarea apei dulci este distribuţia ei teritorială foarte neuniformă şi imposibilitatea efectuării de transferuri majore ale surplusului de apă dintr-o zonă în alta.

La nivel continental, cele mai mari rezerve utilizabile de apă dulce se află în Asia (13207 km^3) şi America de Sud (9526 km^3), urmate de Europa (6234 km^3) şi America de Nord (5309 km^3) (tab. nr. 2). În ceea ce priveşte distribuţia pe ţări, este remarcabil faptul că pe teritoriul a şapte ţări se află peste jumătate din resursele utilizabile de apă dulce de pe Terra: Brazilia (5190 km^3), Federaţia Rusă (4312 km^3), Canada (2850 km^3), China (2800 km^3), Indonezia (2530 km^3), Statele Unite (2459 km^3), India (1850 km^3). La polul opus se situează ţări din Africa şi Asia, unde cantitatea de apă dulce este mai mică de 1 km^3: Iordania (0,7 km^3), Libia (0,6 km^3), Mauritania (0,4 km^3), Emiratele Arabe Unite (0,15 km^3), Kuweit (0,02 km^3). În România, resursele anuale regenerabile de apă dulce sunt estimate (conform sursei menţionate mai sus) la 37 km^3, valoare ce o situează în rândul ţărilor cu potenţial modest.

Pe ansamblu, cele mai bogate zone în resurse de apă dulce sunt cele ecuatoriale, musonice şi subpolare, în timp ce regiunile tropicale se confruntă cu o mare penurie de apă dulce. Pentru asigurarea necesarului de consum, unele ţări au recurs la producerea apei dulci prin desalinizarea celei marine (Kuweit, Emiratele Arabe Unite, Israel, Africa de Sud etc.). O altă posibilitate, mai puţin utilizată (datorită îndeosebi costurilor ridicate), este aceea a valorificării ghețarilor prin aducerea lor în zonele cu deficit de apă dulce.

1.5. CIRCUITUL APEI ÎN NATURĂ ŞI BILANŢUL HIDROLOGIC

Prezentă în natură sub trei forme de agregare (lichidă, solidă şi gazoasă), apa se află în continuă mişcare şi schimbare de stare, mijlocind în permanenţă legătura şi schimbul de substanţă şi energie dintre subsistemele geosistemului planetar. Ansamblul proceselor de transformare şi transfer al apei constituie **circuitul apei în natură** sau **circuitul hidrologic.** Acest circuit este rezultanta acţiunii unui complex de factori, între care se impun: radiaţia solară, forţa gravitaţională, presiunea atmosferică, atracţia Soarelului şi a Lunii, procesele biologice, activităţile umane (A. Musy et V. Laglaine, 1992). În funcţie de scara spaţială la nivelul căreia se analizează, circuitul apei în natură poate avea un caracter local sau universal.

1.5.1. CIRCUITUL LOCAL AL APEI

În natură se realizează două mari circuite locale: unul care se desfăşoară **pe spaţiul Oceanului Planetar** şi altul pe **spaţiul continental** (fig. 1.1.). Se poate vorbi însă şi de circuite locale regionale care se produc pe spaţii mai restrânse între o mare interioară, un lac şi regiunile înconjurătoare.

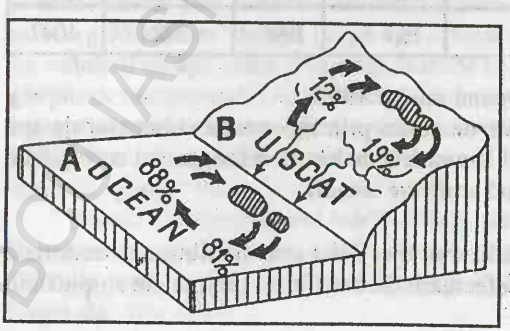


Fig. 1.1. *Circuitul local oceanic (A) şi circuitul local continental (B).*

La baza acestui proces de circulație a apelor, după cum am menționat, un rol fundamental îl are radiația solară. Sub influența ei, de pe suprafața oceanelor se evaporă în atmosferă o însemnată cantitate de apă care prin condensare se transformă din nou în apă. Influența pe care o exercită forța de gravitație și factorii climatici locali face ca o parte din apa din atmosferă să cadă din nou pe suprafața Oceanului Planetar sub formă de precipitații înfăptuind așa numitul ***circuit oceanic local***. O altă parte din apa evaporată de pe uscat, cade pe suprafața continentelor, înfăptuind astfel ***circuitul continental local***. În medie, de pe suprafața continentelor (uscatului), anual se evaporă 62 000 km^3 apă, adică 12% din volumul total evaporat de pe suprafața Globului și revine sub formă de precipitații o cantitate cu mult mai mare de 99 000 km^3 apă, adică 19%. Surplusul de apă provine din spațiul oceanic. La nivelul Oceanului Planetar se realizează un al doilea mare circuit local al apei. De pe suprafața sa se evaporă anual 449 000 km^3 de apă, adică 88% din volumul total evaporat de pe suprafața Globului și revine prin procesul de condensare a vaporilor o cantitate ceva mai mică, de 412 000 km^3 de apă (81%).

1.5.2. CIRCUITUL UNIVERSAL AL APEI. BILANȚUL HIDROLOGIC

Circulația apei pe suprafața Pământului nu poate fi privită și analizată pe circuite izolate, întrucât procesele evaporării și condensării sunt influențate de aceeași factori climatici și geofizici care se află în strânsă interdependență și condiționare reciprocă.

De pe suprafața Oceanului Planetar, sub influența radiației solare, așa cum s-a mai precizat, se evaporă o cantitate de apă evaluată la 449 000 km^3 pe an. Cea mai mare parte din apa evaporată cade sub formă de precipitații (ploaie, zăpadă, grindină) tot pe spațiul oceanului (412 000 km^3), iar o anumită cantitate este dusă pe uscat (36 800 km^3) cu ajutorul curenților de aer, unde sub influența unor condiții favorabile se condensează și cade sub formă de precipitații. Apa meteorică căzută deasupra maselor continentale este estimată la 99 000 km^3 și urmează diferite căi. O parte se infiltrează în sol formând apele subterane, o altă parte (36 800 km^3) se scurge pe suprafața Pământului alcătuind pâraiele, râurile și fluviile care ajung în ocean, iar o foarte mare cantitate, în decurs de un an, se evaporă din nou în atmosferă (62 000 km^3).

Procesul acesta de transfer al apei de pe ocean pe uscat și apoi iar în ocean constituie **circuitul universal al apei în natură** (fig. 1.2.). În acest circuit, de pe suprafața Terrei se evaporă într-un an 511 000 km^3 de apă și revine din nou pe spațiul ei, în aceeași perioadă, într-o cantitate egală, realizându-se astfel un bilanț hidrologic general constant.

Bilanțul hidrologic exprimă diferența dintre aporturile și pierderile de apă de pe un teritoriu considerat. La nivel planetar, componentele principale ale bilanțului hidrologic sunt: cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața oceanelor (E_o); cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața continentelor (E_c); cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața oceanelor (X_o); cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața continentelor (X_c); cantitatea medie anuală de apă scursă în ocean (Y).

Circuitele locale ale apei pot fi redate sub forma unor **ecuații simple ale bilanțului hidrologic**:

a) pentru Oceanul Planetar: $E_o = Xo + Y$ (449 000 km^3 = 412 200 km^3 + 36 800 km^3);

b) pentru spațiul continental: $E_c = X_c - Y$ (62 000 km^3= 98 800 km^3 - 36 800 km^3).

Totalizând aceste două ecuații se obține **expresia bilanțului hidrologic la nivelul globului pământesc**, care, după cum am precizat mai sus, este constant:

$E_o + E_c = X_o + X_c$ (449 9000 km^3+ 62 000 km^3 = 511 000 km^3; 412 200 km^3 + 98 800 km^3 = 511 000 km^3).

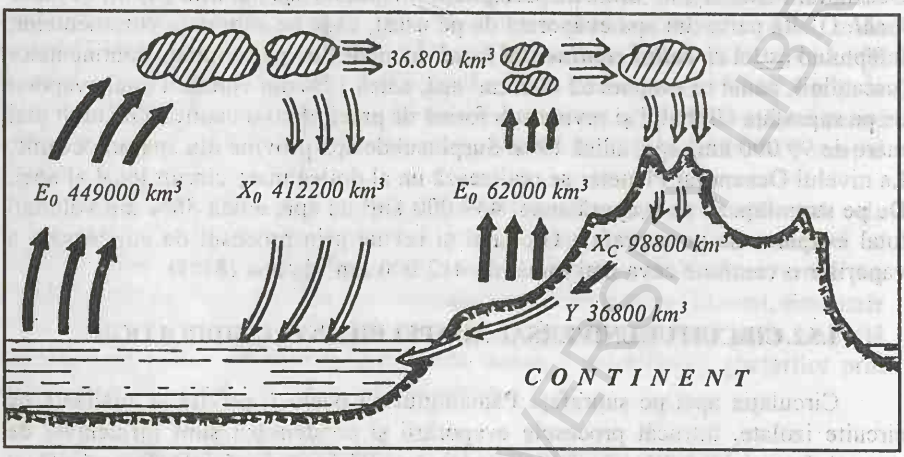


Fig.1.2. *Circuitul universal al apei pe Glob: E_o – cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața oceanelor; E_c - cantitatea medie anuală de apă evaporată de pe suprafața continentelor; X_o - cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața oceanelor; X_c - cantitatea medie anuală de precipitații căzută pe suprafața continentelor; Y - cantitatea medie anuală de apă scursă în ocean.*

Bilanțul hidrologic poate fi analizat la scări spațiale și temporale diferite. El exprimă, așa cum am menționat anterior, diferența dintre aporturile (A) și pierderile de apă (P) de pe teritoriul considerat. Aportul este reprezentat, în principal de precipitații (X), iar pierderile de evaporație (Z) și scurgere (Y).

La nivel global și pentru o perioadă mare de timp, ecuația generală a bilanțului hidrologic este cea propusă de Perrault (în 1674) pentru bazinul Senei (C. Cosandey et M. Robinson):

$$X = Y+Z.$$

La scara unui bazin hidrografic, pentru o perioadă determinată de timp, în analiza bilanțului hidrologic trebuie să se țină seama variația de la un an la altul a rezervei de apă a bazinului (ΔR), astfel încât ecuația bilanțului devine:

$$X = Y+Z \pm \Delta R.$$

Dacă într-un an aportul de apă în bazin este superior pierderilor, rezerva de apă din bazin crește, iar ΔR are valoare pozitivă. În cazul în care pierderile sunt superioare aportului, rezerva de apă din bazin scade, iar ΔR are valoare negativă.

Pentru o perioadă de mai mulți ani, ΔR tinde către zero, variațiile rezervei de apă compensându-se. În aceste condiții, ecuația bilanțului hidrologic revine la forma generală:

$$X = Y+Z.$$

1.5.3. PRINCIPALELE PROCESE ŞI COMPONENTE ALE CIRCUITULUI APEI ÎN NATURĂ

Circuitul apei în natură este rezultatul manifestării succesive sau simultane a mai multor procese, dintre care cele mai importante sunt: evaporaţia, condensarea, precipitaţiile, scurgerea, intercepţia, infiltraţia.

1. EVAPORAREA este procesul fizic prin care apa, sub acţiunea energiei solare, trece din starea sa lichidă sau solidă în stare de vapori (evaporarea apei direct din zăpadă sau gheaţă se numeşte ***sublimare***). Se exprimă în general, în mm.

Evaporarea se realizează nu numai de pe suprafaţa apei (lichide sau solide), ci şi de la nivelul solului şi al învelişului vegetal. În aceste condiţii, se pot distinge:

- ***evaporaţie fizică,*** ce se realizează de pe suprafaţa diferitelor tipuri de unităţi acvatice şi care constituie, de fapt, principalele surse de vapori de apă din atmosferă;

- ***evaporaţie fiziologică***, reprezentată de transpiraţia plantelor şi animalelor;

- ***evapotranspiraţie*** sau ***evaporaţie totală***, ce include apa evaporată de pe suprafeţele acvatice, de la nivelul solului (acoperit sau nu de vegetaţie) şi al vegetaţiei.

În cadrul evapotranspiraţiei se diferenţiază:

- ***evapotranspiraţia potenţială (maximală)*** - **ETP** - ce reprezintă volumul maxim de apă care ar rezulta în cazul în care cantitatea de apă evaporabilă sau transpirabilă ar fi nelimitată pe un spaţiu dat;

- ***evapotranspiraţia reală*** - **ETR** - care ia în considerare disponibilitatea reală în apă de pe o suprafaţă, mai precis, apa care se evaporă în realitate de pe suprafaţa considerată.

Procesul evaporării este foarte complex şi depinde de o serie de factori: temperatura aerului, regimul eolian, umiditatea atmosferei, umiditatea regiunii (generată de prezenţa şi extinderea diferitelor tipuri de unităţi acvatice), condiţiile de relief, sol şi vegetaţie, proprietăţile fizice şi chimice ale apei.

Temperatura aerului are rolul cel mai important în procesul evaporării şi este influenţată de energia solară care constituie principala sursă de încălzire a Pământului. Din cantitatea totală a energiei solare, 14% se consumă pentru încălzirea directă a aerului, iar restul de 86% ajunge pe pământ. Din această cantitate, 43% se consumă pentru încălzirea uscatului, iar 43% se reflectă în atmosferă.

Procesul de evaporaţie de la suprafaţa apei diferă de cel de la suprafaţa uscatului, a solului. Evaporaţia de la suprafaţa apei diferă cantitativ în funcţie de extinderea unităţii acvatice, de temperatura şi salinitatea acesteia, precum şi de adâncimea apei. De asemenea, un rol important îl are şi gradul de umiditate din atmosferă şi viteza cu care acţionează vântul. Evaporaţia diferă de la o zi la alta, de la un anotimp la altul şi de la un an la altul. Evaporaţia diurnă este mai activă şi mai intensă între orele 14 şi 16 şi mult mai redusă în orele dimineţii (4-6). În anotimpul de vară, evaporaţia are o viteză şi o intensitate foarte mare în raport cu anotimpul de iarnă, când acest proces poate să atingă limita zero.

Pe suprafaţa Oceanului Planetar şi pe spaţiul continental evaporarea se schimbă în raport cu latitudinea locului. De exemplu, în regiunile tropicale unde temperaturile sunt ridicate, iar regimul eolian este foarte activ, de pe suprafaţa oceanului se evaporă anual un strat gros de apă de 225 cm, în regiunile temperate gradul de evaporare al apei este mult mai redus, de circa 100 cm, iar în regiunile

polare acesta este foarte scăzut (45 cm). În Marea Roşie şi în Golful Persic, unde temperatura apei poate să depăşească 40°C, se remarcă cel mai intens proces de evaporare a apei. În lacul Aral, care se află situat în regiunea de pustiu a Kazakstanului, sub influenţa temperaturilor mai ridicate din timpul verii şi a vânturilor puternice care bat tot timpul anului, de pe suprafaţa lui se evaporă un strat gros de apă de 4,00 m pe an.

Pe suprafaţa uscatului, gradul de evaporaţie este cu mult mai redus în comparaţie cu arealul oceanic. Din observaţiile efectuate pe teritoriul ţării noastre se constată că evaporaţia prezintă mici variaţii de la o regiune la alta. Diferenţieri mai accentuate se remarcă de la o unitate de relief la alta. De exemplu, la Iaşi evaporaţia pe timp de un an este de 470 mm, la Cluj-Napoca de 516 mm, la Arad de 552 mm, la Buftea de 563 mm, iar la Bucureşti de 595 mm. Evaporaţia prezintă valori variabile şi de la o lună la alta. În zona oraşului Bucureşti, în luna august se înregistrează cea mai mare cantitate de apă evaporată (92,9 mm) iar în luna ianuarie cantitatea de apă evaporată scade la 8,7 mm.

Cantitatea de vapori absorbită de atmosferă este influenţată de temperatura aerului şi de gradul de umiditate a regiunii. Când atmosfera prezintă o saturare incompletă, iar temperatura aerului se află în continuă creştere atunci se ridică şi limita de saturaţie. Din observaţiile făcute s-a constatat că saturaţia atmosferei cu vapori de apă depinde de temperatura aerului. De exemplu, la o temperatură de 20°C saturaţia atmosferei cu vapori de apă ajunge la 17,3 g/m^3, la temperatura de 0°C saturaţia atinge 4,8 g/m^3, iar la - 20°C ajunge la 1,1 g/m^3.

Vântul este un factor foarte important în influenţarea procesului de evaporare de pe suprafaţa apei sau a uscatului. S-a observat că pe măsură ce creşte intensitatea vântului, creşte şi cantitatea de apă evaporată. Aceasta se explică prin faptul că pe măsură ce viteza vântului creşte se intensifică şi schimbul între aerul aflat deasupra suprafeţei de evaporare şi aerul venit din altă parte, mai puţin saturat.

Solul influenţează, de asemenea, prin culoarea şi structura sa procesul de evaporare. Astfel, la nivelul unui sol de culoare închisă evaporarea se face mult mai uşor şi în proporţie mai mare decât în cazul solurilor deschise la culoare. De asemenea, structura solurilor şi gradul lor de porozitate pot să influenţeze procesul de evaporare. Solurile care prezintă o porozitate crescută se caracterizează printr-o circulaţie intensă a apelor subterane şi printr-o evaporare mai redusă la suprafaţa acestora. Solurile cu structura compactă se caracterizează printr-o evaporaţie mult mai mare.

Relieful. În funcţie de expunerea versanţilor se creează condiţii deosebite în procesul de evaporaţie, fapt ce se reflectă în distribuţia zonală a vegetaţiei. Pe versanţii sudici, de regulă mai însoriţi decât cei nordici, evaporaţia este mult mai mare şi mai activă. De asemenea, pe relieful care se caracterizează printr-o puternică fragmentare, evaporaţia va avea valori variabile de la zonele interfluviale până la cele intens adâncite.

Vegetaţia este un alt factor principal care influenţează procesul de evaporaţie de pe spaţiul continental. Astfel, între o zonă lipsită de vegetaţie şi o regiune cu vegetaţie de stepă, evapotranspiraţia este mult mai mare în cea din urmă. În regiunile cu întinse suprafeţe împădurite, evapotranspiraţia realizează valori foarte mari fiind asemănătoare cu cele de pe suprafaţa mărilor şi oceanelor de la aceeaşi latitudine. Dealtfel, din observaţiile efectuate asupra unor areale împădurite, s-a constatat că un codru secular de fag (*Fagus silvatica*) redă atmosferei anual prin evapotranspiraţie între 2,4 şi 3,5 milioane litri apă la ha, ceea ce reprezintă 60% din cantitatea de precipitaţii primite.

2. CONDENSAREA. Când umezeala relativă din atmosferă atinge o saturație completă de 100%, iar temperatura începe să coboare are loc **condensarea.** Aceasta se produce sub forma unor picături de apă, iar în cazul când are loc fenomenul de sublimare apare sub forma unor cristale mici de gheață. În atmosferă condensarea vaporilor poate să aibă loc prin detentă sau prin amestecul a două mase de aer cu temperaturi diferite.

Condensarea prin detentă se realizează atunci când aerul aflat în mișcare ascensională se răcește, de regulă, cu circa 0,6°C la fiecare 100 m. La o anumită altitudine aerul va atinge punctul de saturare și va da naștere la fenomenul de condensare. Sub această formă pe suprafața Pământului iau naștere cele mai abundente precipitații.

Condensarea se produce și ***prin amestecul a două mase de aer*** aflate la un grad limită de saturare și la temperaturi diferite. Modul acesta de condensare dă naștere la cantități reduse de precipitații.

Condensarea vaporilor de apă din atmosferă presupune existența unor nuclee de condensare, de dimensiuni microscopice precum cloruri de origine marină, praf continental sau cosmic, fum ș.a.

Ca principale forme de condensare a vaporilor în atmosferă se remarcă ceața și norii. ***Ceața*** se produce, de regulă, în anotimpurile de tranziție când un aer cald și umed trece peste o suprafață terestră puternic răcită. La menținerea ei contribuie și diferitele impurități care se găsesc în atmosferă cum ar fi pulberile provenite din mediul industrial.

Norii se formează prin procesul de condensare a vaporilor de apă în condițiile de scădere a temperaturii aerului sau în condițiile când se realizează un contact între masele de aer cald și umed cu masele de aer rece. Gradul de acoperire cu nori reprezintă ***nebulozitatea*** și se exprimă pe baza unei scări cuprinse între 0 și 10. Acolo unde umiditatea relativă este ridicată, cum este cazul în regiunea ecuatorială, se înregistrează nebulozitatea cea mai accentuată (5,5 - 6); în regiunile tropicale, unde bat alizeele, umiditatea relativă este foarte scăzută și în consecință nebulozitatea este minimă (4 - 4,5).

3. PRECIPITAȚIILE. Precipitațiile atmosferice reprezintă o componentă importantă a bilanțului hidrologic și implicit a circuitului apei în natură. Ele constituie rezultatul condensării vaporilor de apă în atmosferă sau la nivelul suprafeței terestre, fiind generate de schimbările de temperatură sau de presiune. Producerea precipitațiilor atmosferice este determinată de unirea picăturilor de apă condensate în jurul diferitelor nuclee. Prin creșterea greutății, forța de gravitație devine mai puternică și picăturile pot ajunge astfel la nivelul solului.

Precipitațiile cad pe suprafața Pământului în stare lichidă sau solidă adică sub formă de ploi, burniță, zăpadă, grindină, promoroacă etc. Tot în grupa precipitațiilor pot fi incluse și alte forme de condensare a vaporilor de apă la nivelul suprafeței terestre cum ar fi bruma, chiciura și roua. Parametrii cantitativi utilizați pentru caracterizarea precipitațiilor sunt stratul de apă căzut (în mm) și intensitatea ploii (în mm/min sau în mm/oră).

Din punct de vedere al genezei, precipitațiile atmosferice pot fi frontale, convective și orografice (C. Cosandey et M. Robinson, 2000).

Precipitațiile frontale (de tip ciclonic) sunt generate de întâlnirea a două mase de aer cu temperaturi și grad de umiditate diferite.

Precipitațiile convective sunt consecința încălzirii locale a suprafeței terestre, care determină urcarea ascendentă a aerului și răcirea sa adiabatică. Sunt precipitații

intense şi de scurtă durată, specifice îndeosebi zonelor intertropicale şi celor temperate în anotimpul de vară.

Precipitaţiile orografice apar în urma ascendenţei aerului bogat în umiditate impusă de prezenţa unei bariere orografice (montane). Sunt caracteristice versanţilor masivelor montane expuşi direct circulaţiei maselor de aer de origine oceanică, în timp ce versanţii opuşi primesc cantităţi mai reduse de precipitaţii. Este cazul, de exemplu, versanţilor vestici ai Carpaţilor Occidentali şi Orientali care, spre deosebire de cei estici, recepţionează cantităţi mai importante de precipitaţii, fapt reflectat şi de debitele mai bogate ale râurilor.

Repartiţia precipitaţiilor pe suprafaţa uscatului este influenţată de apropierea sau de îndepărtarea unei regiuni faţă de bazinele oceanice sau marine care furnizează o mare cantitate de umezeală, de condiţiile de relief ale regiunii respective şi de gradul de acoperire cu vegetaţie. De exemplu, în regiunile muntoase cantitatea de precipitaţii va fi mai mare decât în regiunile de câmpie. Cantitatea de precipitaţii diferă de la o zonă climatică la alta. În ***regiunea ecuatorială,*** unde curenţii ascendenţi sunt foarte dezvoltaţi, cantitatea medie anuală de precipitaţii variază între 1500 şi 2000 mm. Pe unele insule muntoase din Oceanul Pacific această cantitate poate să depăşească 10000 mm. În ***regiunea tropicală*** unde se manifestă acţiunea curenţilor descendenţi, precipitaţiile lipsesc favorizând menţinerea şi uneori extinderea unor areale de pustiuri sau semipustiuri. În ***zonele temperate*** unde se remarcă influenţa ariilor ciclonice, cantitatea precipitaţiilor creşte din nou până la circa 1000 mm pe an. În ***zona rece***, ca rezultat al temperaturilor joase, cantitatea de precipitaţii scade la limite de 150 - 250 mm/an.

Există câteva puncte pe glob unde anual cad mari cantităţi de precipitaţii. De exemplu, la Cerrapundji, localitate situată la poalele Himalayei, anual cade o cantitate medie de precipitaţii de 12655 mm. În anul 1851 s-a înregistrat o cantitate de 14789 mm. De asemenea, la San Juan del Sur din Nicaragua, anual cade o cantitate de 6588 mm, la Anori în Columbia se semnalează 7139 mm, iar la Waialeal (în Insulele Hawaii) 12090 mm pe an.

Pe Glob există însă şi regiuni foarte aride, unde cantitatea medie anuală de precipitaţii este foarte mică. De exemplu, în zonele unde bat alizeele s-au format întinse deşerturi (Sahara, Arabia, Mesopotamia, Kalahari). Altele au luat naştere în spatele unor centuri muntoase (Camanchacas-Peru, California, Tibet, Iran etc.). În astfel de regiuni pot fi ani de-a rândul când nu cade nici o picătură de apă. De exemplu, la Arica din pustiul Atacama plouă în medie o dată la 25 ani.

4. **INTERCEPŢIA** reprezintă procesul prin care apa căzută sub formă de precipitaţii este reţinută de către învelişul vegetal. Ulterior, o parte din apa interceptată se evaporă, iar altă parte poate ajunge cu întârziere la nivelul solului. Cantitatea de apă reţinută prin interceptie variază în funcţie de tipul şi densitatea vegetaţiei. Se estimează că vegetaţia cu un aparat foliar bine dezvoltat (pădurile de foioase, mixte) poate intercepta până la 30% din precipitaţiile căzute, pajiştile până la 25%, iar culturile agricole, pînă la 15% (A. Musy et V. Laglaine, 1992).

Întrucât este greu de determinat cantitativ, iar volumul de apă interceptat este, în general, redus în comparaţie cu alte elemente componente ale circulaţiei apei în natură, în calculele de bilanţ este adesea neglijată.

5. **INFILTRAŢIA** reprezintă procesul de pătrundere a apei în sol şi în interiorul scoarţei sub acţiunea forţei gravitaţionale. Pentru adâncimi mai mari se utilizează termenul de ***percolaţie.*** Intensitatea infiltraţiei este influenţată de proprietăţile hidrogeologice ale rocilor (porozitate, permeabilitate, grad de însedare ş.a.) şi caracteristicile solului (textură, structură, grad de îngheţ). Ea poate fi exprimată

cantitativ sub formă de rată a infiltrației, corespunzătoare volumului de apă infiltrată în unitatea de timp (în mm/h sau m^3/s).

Infiltrația are un rol important în procesele hidrologice. Pe de o parte, ea permite alimentarea apelor subterane și regenerarea lor, iar pe de altă parte, reduce cantitatea de apă care se scurge superficial.

6. **SCURGEREA**. Scurgerea constituie procesul de deplasare a apei provenită din precipitații la suprafața sau în interiorul scoarței, sub influența forței gravitaționale. Se pot distinge trei tipuri principale de scurgere: superficială, subterană și de subsuprafață (A. Musy, V. Laglaine, 1992).

Scurgerea superficială se poate realiza sub formă de șiroire sau poate fi concentrată în albii și canale. Șiroirea se produce la nivelul versanților fie cînd ploaia depășește capacitatea de infiltrare a solului (șiroire de tip hortonian), fie cînd cade pe suprafețe deja saturate (șiroire prin saturație). Scurgerea concentrată are loc în cadrul albiilor corespunzătoare pâraielor, râurilor și fluviilor sau în canalele artificiale.

Scurgerea subterană se produce la nivelul straturilor acvifere îndeosebi libere (freatice).

Scurgerea de subsuprafață (numită și hipodermică sau întârziată) reprezintă deplasarea cvasiorizontală a apei din precipitații acumulate în straturile superficiale ale solului și apariția ei la zi, în general, la întâlnirea unui canal (albie) de scurgere. Acest tip de scurgere se remarcă, de obicei, în solurile permeabile.

Cantitativ, scurgerea se exprimă, de regulă, sub formă de debit (în m^3/s), de volum (în m^3) sau de strat (mm).

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Cum este definită hidrologia și care sunt principalele sale ramuri și subramuri?*
2. *Să se enumere științele înrudite cu hidrologia prin obiectul lor comun de cercetare și principalele domenii de aplicare a cunoștințelor hidrologice.*
3. *Care sunt metodele de cercetare specifice hidrologiei?*
4. *Care este distribuția suprafețelor continentale și oceanice la nivelul Globului?*
5. *Ce se înțelege prin regiuni endoreice și exoreice? Exemple.*
6. *Care este volumul total de apă de pe Terra și cum este el distribuit?*
7. *Care este ponderea resurselor de apă dulce din volumul total de apă de pe Terra și cum sunt ele repartizate pe tipuri de unități acvatice și teritorial?*
8. *Să se deseneze schema circuitului apei în natură și să se explice mecanismul desfășurării sale.*

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

9. *Ce reprezintă bilanțul hidrologic și care sunt expresiile sale pentru diferite scări spațiale și temporale de analiză?*

10. *Să se enumere și să se caracterizeze principalele procese și componente ale circuitului apei în natură.*

---

2. APA ȘI PROPRIETĂȚILE EI GENERALE. POLUAREA ȘI PROTECȚIA APELOR

Apa reprezintă un element de bază al mediului natural și unul din materialele structurale esențiale ale lumii vii. Ea este indispensabilă vieții și în același timp, un factor determinant al desfășurării activităților social-economice.

În natură apa poate fi întâlnită în trei stări de agregare: lichidă, solidă și gazoasă. Apa lichidă este cea mai importantă din punct de vedere cantitativ, având cea mai mare răspândire (în mări, oceane, râuri, lacuri, precipitații, straturi acvifere și de adâncime). În stare solidă, apa formează zăpada și gheața, cu largă extindere în regiunile polare și muntoase înalte. În această stare este prezentă și în atmosferă, sub forma cristalelor de gheață și a fulgilor de zăpadă. Geosferei menționate îi este caracteristică însă apa în stare gazoasă.

Schimbările de fază ale apei se realizează, în principal, în funcție de condițiile termice și de presiune. La presiunea de 4,6 mm Hg și temperatura de + 0,007°C se află punctul ternar al apei, când gheața, vaporii și apa pot coexista în echilibru. Remarcabil este faptul că, în timp ce apa în stare solidă își menține forma și volumul, în stare lichidă își păstrează doar volumul (forma schimbându-se după cea a spațiului în care este acumulată), iar în stare de vapori își modifică volumul.

2.1. PROPRIETĂȚILE GENERALE ALE APEI LICHIDE

Apa se caracterizează printr-un ansamblu de proprietăți fizice, organoleptice, chimice, biologice și bacteriologice. Aceste proprietăți se analizează pentru aprecierea calității apei, în funcție de care ea poate fi utilizată pentru diferite scopuri.

2.1.1. PROPRIETĂȚILE FIZICE ȘI ORGANOLEPTICE

Principalele proprietăți fizice ale apei sunt: temperatura, transparența, turbiditatea, culoarea, densitatea, conductibilitatea electrică, căldura specifică, radioactivitatea ș.a. Cele organoleptice (la a căror determinare se utilizează simțurile) sunt reprezentate prin gust și miros.

1. Temperatura apelor naturale variază în spațiu și timp, în funcție de tipul apei (de suprafață sau subterană). Ea este influențată de regimul termic al aerului, dependent la rândul său de latitudine și altitudine. În cazul apelor de suprafață temperatura depinde și de adâncimea și dinamica lor, în timp ce la apele subterane, un rol important revine adâncimii la care acestea sunt situate. Astfel, la latitudini medii, temperatura apelor aflate la 10-30 m sub nivelul terestru este relativ constantă, de 8-10°C. S-a constatat că influența oscilațiilor termice ale aerului se resimte în

interiorul scoarței până la nivelul zonei neutre (izotermice), unde temperatura este constantă, fiind egală cu temperatura medie a aerului din regiunea respectivă. Adâncimile acestei zone sunt variabile, de la 5-6 m în regiunea ecuatorială, la 20-30 m în Europa Centrală și la cca. 100 m în Siberia. Sub zona neutră temperatura crește în medie cu 1°C la 33 m (treapta geotermică normală).

Apele curgătoare au temperaturi ce oscilează între 0°C iarna și 25-26°C vara (la latitudini medii). În cazul lacurilor, în afară de variațiile termice lunare se remarcă și oscilații pe verticală, îndeosebi la cele cu adâncimi mari.

2. Transparența depinde de cantitatea și dimensiunile substanțelor minerale și organice în suspensie, de natura substratului, de prezența vegetației acvatice etc. Gradul de transparență este indicat de grosimea stratului de apă (în m sau cm) prin care se pot distinge contururile unui obiect. În cazul apelor superficiale, pentru determinarea transparenței se utilizează discul lui Secchi, iar în cel al apelor subterane, firul de platină cu diametrul de 1 mm și 25 mm lungime, fixat la capătul unui cablu de 1,20 m. Dacă acest fir nu mai poate fi observat până la adâncimea de 1,20 m, apa este considerată tulbure. Un alt instrument ce poate permite stabilirea transparenței este fluoroscopul.

3. Turbiditatea apei se manifestă prin reducerea transparenței și este cauzată de prezența substanțelor minerale și organice în suspensie, precum și a gazelor. Se exprimă în mg/l sau grade de turbiditate (un grad de turbiditate este egal cu 1 mg/l SiO_2). La apele curgătoare turbiditatea reprezintă cantitatea de aluviuni în suspensie existentă într-un volum de apă (ρ, în g/m^3 sau g/l) și se determină prin analiza probelor de apă. Aprecierea turbidității se poate realiza și prin comparații cu soluții etalon, în scara silicei. Astfel de determinări pot fi făcute cu ajutorul dispozitivelor automate (turbidimetre) și al celulelor fotoelectrice.

Apele subterane sunt, în general, limpezi (cu excepția celor ce conțin săruri solubile de fier sau mangan), în timp ce apele curgătoare au un grad de turbiditate mai ridicat, datorită mișcării turbulente ce antrenează particule de diferite dimensiuni.

4. Culoarea apei. Apa naturală în strat mai mic de 5 cm este incoloră. Când este depășită această grosime, prezența substanțelor solide în suspensie și dizolvate în apă imprimă acesteia diferite culori, de la albastru la verde, galben și brun închis. Astfel, sărurile de calciu și magneziu dau apei o culoare albăstruie, cele ale fierului verde-gălbuie, substanțele humice și cantitățile bogate de suspensii determină culoarea gălbuie până la brună ș.a.

Pentru apele de suprafață, culoarea se stabilește prin compararea cu eșantioanele scării colorimetrice Forel-Uhle, care cuprinde 21 de nuanțe obținute prin combinarea în diferite proporții a sulfatului de cupru amoniacal (albastru) cu cromatul neutru de potasiu (galben). Pentru o determinare corectă, aprecierea culorii se face la jumătate din adâncimea transparenței, deasupra discului lui Secchi. În cazul apelor subterane, culoarea se determină privind de sus apa introdusă într-un cilindru de sticlă cu înălțimea de 30-40 cm și compararea cu apa distilată dintr-un recipient asemănător (I. Preda, P. Maroși, 1971).

5. Densitatea apei exprimă raportul dintre masă și volum și este direct influențată de temperatura pe care o are apa. Densitatea maximă a apei este de 1 g/cm^3. Ea se atinge la temperatura de 4°C și presiunea de o atmosferă. Între 0°C și 4°C, densitatea crește de la 0,99987 g/cm^3 la 1g/cm^3, după care scade, ajungând la temperatura de 25°C la 0,99707 g/cm^3. Producerea densității maxime la 4°C face ca pe fundul celor mai adânci unități acvatice, această temperatură să permită existența vieții bentonice.

6. Conductivitatea electrică exprimă capacitatea apei de a conduce curentul electric. Ea are valoarea inversă rezistenței electrice și se exprimă în *mho* (ortografia inversă a unității de măsură a rezistenței - *ohm*) sau *μmho*. Se mai poate exprima în *Siémens* (S), echivalent unui *mho* sau în *micro-Siémens* pe cm (*μS*/cm), echivalent unui *μmho*.

Conductivitatea electrică este direct dependentă de temperatura apei și gradul de mineralizare. Apa pură este slab conducătoare de electricitate, spre deosebire de cea cu un conținut ridicat în săruri. Astfel, apa pură are o conductivitate de 0,055 - 25 μmho, apa freatică potabilă, între 30 și 200 μmho, în timp ce apele oceanice au conductivități electrice de 45000 - 55000 μmho (V. Trufaș, C. Trufaș, 1975). Conductivitatea electrică se măsoară cu ajutorul conductivimetrelor.

7. Radioactivitatea apei constă în proprietatea de a emite spontan radiații corpusculare (α, β) sau electromagnetice (γ) de către unele substanțe existente în apă (Trofin, 1972). Această proprietate este datorată îmbogățirii apelor cu izotopi radioactivi ce provin din emanația rocilor eruptive acide (granite, porfire) cu un conținut ridicat de uraniu, toriu, radiu (Pișota, 1995). Prin dezintegrarea radiului rezultă radonul, un gaz ce poate fi dizolvat de ape. O radioactivitate naturală ridicată este specifică mai ales apelor subterane care în circulația lor intră în contact cu roci ce emană radiații. În cazul apelor superficiale, radioactivitatea se datorează îndeosebi, poluării radioactive.

Pentru exprimarea gradului de radioactivitate se utilizează diferite unități de măsură: unități picocurie, notate cu *pCi* (o unitate curie - 1*Ci* - este egală cu $3,7 \cdot 10^{10}$ dezintegrări pe secundă); unități Maché, notate cu *uM* ($1uM = 3,64 \cdot 10^{-10}$ Ci); unități Rutherford, notate *rd* ($1\ rd = 10^6$ dezintegrări pe secundă), unități eman (*e*). Se consideră ape radioactive cele care depășesc 3,5 uM/l. Pentru apa potabilă, limita admisibilă este de 30 pCi/Rn/l. Unele ape minerale au radioactivități foarte mari (peste 10000 pCi/Rn/l). Astfel de izvoare se întâlnesc în Cehia (Karlovy-Vary), Italia (Gurgitello-Ischia), România (Sângeorz-Băi, Băile Tușnad, Băile Herculane).

Prezența apelor radioactive se stabilește cu detectoare speciale (Geiger-Müller).

8. Gustul este o proprietate organoleptică determinată de prezența în apă a unor substanțe dizolvate (minerale, organice sau gaze). Apa pură este lipsită de gust (de exemplu, apa de ploaie).

În general, în definirea gustului unei ape se utilizează termenii de plăcut (când apa conține cantități reduse de săruri) sau neplăcut (generat de concentrații mari de săruri). Pot fi identificate diferite gusturi, precum: dulceag (la apele bogate în substanțe organice și sărace în săruri), sărat (datorat conținutului ridicat de clorură de sodiu), amar (când sulfatul de magneziu sau clorura de magneziu se află în cantități mai mari), acru (determinat de prezența alaunilor), acidulat (când apa conține dioxid de carbon) ș.a.

Intensitatea gustului se apreciază pe baza unor scări cu diferite trepte de intensitate (fără gust, foarte slab, slab, perceptibil, tare, foarte tare).

9. Mirosul este tot o proprietate organoleptică, generată de existența în apă a unor substanțe mirositoare. În condiții normale, apele naturale sunt inodore. Prezența anumitor gaze (hidrogenul sulfurat), a unor substanțe organice în descompunere, a unor microorganisme sau a unor substanțe chimice de origine antropică, imprimă apelor diferite mirosuri: de baltă (în cazul apelor stătătoare), de sulf (apele subterane ce conțin hidrogen sulfurat), de putrefacție (ape ce includ substanțe organice în descompunere) ș.a. Pentru determinarea cu precizie a mirosului se recomandă încălzirea apei până la 50°C și agitarea ei. Intensitatea mirosului, ca

şi cea a gustului, se poate aprecia pe baza unei scări cu diferite trepte de intensitate (fără miros, foarte slab, slab, perceptibil, tare, foarte tare).

2.1.2. PROPRIETĂŢILE CHIMICE

În condiţii naturale, apa lichidă nu este o substanţă pură, ci o soluţie ce conţine substanţe solide şi gazoase. Proprietăţile chimice ale apelor sunt determinate de componentele mediului şi de activităţile antropice şi sunt analizate pentru stabilirea calităţii apelor şi a posibilităţii utilizării lor în diferite scopuri. Printre principalele proprietăţi chimice se remarcă: reziduul fix, densitatea, concentraţia ionilor de hidrogen (pH-ul), agresivitatea, salinitatea, conţinutul ionic şi în gaze.

1. Reziduul fix (reziduu sec, reziduu uscat) exprimă în mg/l cantitatea de substanţe solide organice şi anorganice dizolvate într-un litru de apă. El corespunde substanţelor solide rămase după evaporarea completă a apei (din care s-au înlăturat suspensiile prin filtrare sau centrifugare) şi uscarea la 105°C (în etuvă) timp de două ore (Trufaş V., Trufaş Constanţa, 2003). Reziduul fix se asociază, de regulă, cu mineralizarea.

Prin calcinarea reziduului sec la temperatura de 600 ^{0}C se obţine reziduul la calcinare care exprimă conţinutul de substanţe minerale dizolvate în apă. Diferenţa între reziduul la evaporare şi reziduul al calcinare reprezintă conţinutul în susbstanţe organice dizolvate, numit şi pierderea la calcinare.

În general, apele subterane sunt mai mineralizate decât cele superficiale. Când reziduul fix al apelor subterane depăşeşte 1000 mg/l, se consideră a fi ape minerale.

2. Duritatea (gradul hidrotimetric) reprezintă suma concentraţiei cationilor metalici din apă. Această proprietate este determinată, în principal, de prezenţa ionilor de calciu şi magneziu (în constituţia carbonaţilor, sulfaţilor, clorurilor, azotaţilor, fosfaţilor, silicaţilor), cărora li se asociază în cantităţi mai mici cei ai fierului, aluminiului, bariului, stronţiului ş.a.

Intensitatea durităţii se exprimă în grade germane, franceze, engleze. Un grad de duritate germană este echivalent la 10 mg CaO sau 1,42 mg MgO la un litru de apă, iar gradului german îi corespund 17,9 grade franceze şi 1,25 grade engleze. După valoarea durităţii (în grade germane), apele se clasifică în: foarte moi (0°-4°), moi (4°-8°), semidure (8°-12°), destul de dure (12°-18°), dure (18°-30°) şi foarte dure (peste 30°).

Duritatea apei poate fi ***totală*** (conţinutul total al sărurilor de calciu şi magneziu prezente în soluţie), ***permanentă*** (cantitatea de săruri de calciu şi magneziu care se menţine în apă şi după fierbere timp de o jumătate de oră) şi ***temporară*** (diferenţa dintre duritatea totală şi cea permanentă, ce exprimă cantitatea sărurilor de calciu şi magneziu care dispare prin fierbere).

Cunoaşterea durităţii prezintă importanţă pentru utilizarea apelor în diferite scopuri. Dacă duritatea depăşeşte 12° (germane), apa nu este potabilă. Într-o apă dură legumele şi carnea fierb foarte greu, iar săpunul nu face spumă. Apele dure nu sunt recomandate în unele ramuri industriale (chimică, textilă, a zahărului, a amidonului ş.a.). Astfel de ape depun săruri insolubile în cazanele cu aburi, pe instalaţiile de încălzire (calorifere, conducte). Pentru reducerea durităţii apei se utilizează procedee de dedurizare.

3. Concentrația ionilor de hidrogen (pH-ul) evidențiază caracterul acid sau bazic al apei. Astfel, când sunt dominanți ionii de hidrogen, pH-ul este mai mic de 7 și reacția apei este acidă. Dacă predomină ionii de oxidril, pH-ul este mai mare de 7, iar reacția apei este alcalină (bazică). Când pH-ul = 7, apa este neutră. Majoritatea apelor naturale au pH-ul cuprins între 6 și 8,5. Concentrația ionilor de hidrogen se determină prin diverse metode: cu hârtia indicatoare, analize chimice, metoda electrochimică (utilizând electrodul specific pentru pH).

Cunoașterea valorii pH-ului (determinată cu indicatori colorimetrici, potențiometre sau în laborator) este necesară pentru aprecierea însușirilor agresive și corozive ale apei. Această proprietate constituie, în același timp, un indicator important de calitate a apei și influențează desfășurarea activității hidrobionților.

4. Salinitatea reprezintă greutatea sărurilor dizolvate (în grame), obținută dintr-un kg de apă în vacuum, la o temperatură de 480°C. Această proprietate caracterizează îndeosebi apele marine și este influențată de echilibrul dintre ratele de intrare și ieșire a ionilor, de intensitatea evaporației, de aportul de apă dulce. Valoarea salinității apelor marine și oceanice (la suprafață) este în medie de 34-36‰, dar variază spațial în limite foarte largi (între 5‰ și peste 300‰): 37‰ în Marea Sargaselor și estul Braziliei, 28-33,5‰ în Oceanul Arctic, 39‰ în estul Mării Mediterane, 17-18‰ în Marea Neagră, 5-29‰ în Marea Baltică (5‰ în zona Golfului Botnic și 29‰ în extremitatea vestică), 40‰ în Marea Roșie (N. Botnariuc, A. Vădineanu, 1982). În Marea Moartă, la 50 m adâncime, salinitatea este de 288‰, iar la peste 150 m adâncime, crește la 325‰. Salinitatea determină presiunea osmotică a apei, fapt ce condiționează existența și răspândirea organismelor acvatice.

5. Conținutul ionic. În conținutul chimic al apelor naturale, unii ioni se întâlnesc în cantități mai mari, formând categoria ***constituenților ionici majori (ionii principali)***. Aceștia includ cationii de calciu (Ca^{++}), de magneziu (Mg^{++}), de natriu (Na^{+}), potasiu (K^{+}) și anionii sulfat (SO_4^{--}), clor (Cl^{-}) și bicarbonic (HCO_3^{-}) și carbonic (CO_3^{--}). Ponderea lor este diferită, în funcție de tipul unităților acvatice. Astfel, pentru apele oceanice și marine (cu excepția zonelor lagunare și estuarelor unde conținutul ionic este influențat de apele continentale), 88,8% din totalul sărurilor dizolvate sunt reprezentate de cloruri, 10,8% de sulfați și 0,4% de carbonați (M. Papadopol, 1983). În aceste ape, variația spațială și temporală a concentrației ionice este relativ redusă, fiind influențată de intensitatea evaporației, cantitatea de precipitații, circulația apelor ș.a.

În apele continentale dulci, dominanți sunt carbonații (79,9% din totalul sărurilor dizolvate), urmați de sulfați (13,2%) și cloruri (6,9%). Concentrația ionică a acestor ape prezintă fluctuații foarte largi, fiind determinată, îndeosebi, de variabilitatea condițiilor climatice și regimul hidrologic al apelor.

În afara constituenților ionici majori, în apele naturale mai sunt prezente, în cantități mai reduse și alte elemente chimice. Între acestea se remarcă substanțele biogene, elementele minore și secundare, compușii organici.

Substanțele biogene sunt de mare importanță pentru desfășurarea proceselor vitale ale hidrobionților, dar în cantități mari sunt periculoase. Ele sunt reprezentate, în principal, prin compuși ai azotului (dintre care predominanți sunt azotații - NO_3^{-}, azotiții - NO_2^{-}, azotul amoniacal sau amoniul - NH_4^{+}) și ai fosforului, urmați de cei ai fierului, siliciului ș.a. Prezența în exces a compușilor azotului și fosforului favorizează procesul de eutrofizare a apei, întâlnit tot mai frecvent îndeosebi în apele lacurilor, în perioada de vară.

Elementele minore şi secundare deţin concentraţii foarte reduse în conţinutul ionic al apei (sub 1 mg/l, până la sutimi şi miimi de mg/l). Între acestea se înscriu ionii de mangan (Mn^{++}), aluminiu (Al^{---}), brom (Br^{-}), fluor (F^{-}), iod (I^{-}), bor (B^{+++}), litiu (Li^{+}) stronţiu (Sr^{+}) etc.

Substanţele organice dizolvate în apă includ diverşi aminoacizi, protide, vitamine, lipide, glucide, compuşi intermediari ai acestora ş.a.

7. **Gazele din ape.** Cele mai importante gaze prezente în apele naturale sunt oxigenul (O_2), dioxidul de carbon (CO_2), hidrogenul sulfurat (H_2S) şi metanul (CH_4). În timp ce primele două sunt esenţiale pentru existenţa biocenozelor acvatice, ultimele, în concentraţii sporite, sunt toxice.

Oxigenul este mai bine reprezentat în apele de suprafaţă. În cele subterane concentraţia lui este mai redusă şi scade o dată cu adâncimea până la dispariţia totală.

Oxigenul dizolvat în apă provine din atmosferă (prin absorbţie), din fotosinteza fitocenozelor acvatice şi din reducerea oxizilor din substanţele minerale. El este utilizat pentru respiraţia hidrobionţilor, în procesele de oxidare sau se pierde în atmosferă.

Concentraţia oxigenului dizolvat în apă este influenţată de temperaturi şi salinitate, fiind invers proporţională cu acestea. Astfel, la o temperatură a apei de 0°C şi o salinitate de 0‰, conţinutul în oxigen este de 10,29 mg/l, în timp ce la 30°C şi 40‰ salinitate, concentraţia oxigenului scade la 4,35 mg/l (M. Papadopol, 1983).

Conţinutul în oxigen este un important indicator de calitate a apei şi un gaz esenţial pentru existenţa hidrobionţilor.

Dioxidul de carbon (CO_2) este prezent în apă în stare liberă (sub formă de gaz sau dizolvat) şi sub formă ionică (de carbonaţi sau bicarbonaţi). Are ca principale surse de provenienţă: atmosfera (prin absorbţie sau din precipitaţii), respiraţia organismelor acvatice, descompunerea substanţelor organice, apele juvenile (în cazul apelor subterane), activităţile industriale ş.a. Acest gaz este consumat în procesele de fotosinteză şi de dizolvare (prezenţa lui sporeşte capacitatea de dizolvare a apei asupra rocilor solubile) şi se pierde prin degajare în atmosferă.

Cele mai mari concentraţii de CO_2 se află în apele marine şi subterane. Prin creşterea temperaturii şi salinităţii, cantitatea de CO_2 scade. În cantităţi ridicate CO_2 devine toxic pentru unele animale. Creşterea concentraţiei sale sporeşte agresivitatea apelor faţă de materialele de construcţie.

Hidrogenul sulfurat (H_2S) este prezent îndeosebi în apele subterane şi într-o măsură foarte redusă în cele superficiale. Este un gaz toxic pentru multe organisme acvatice. El provine din descompunerea substanţelor organice şi a sulfurilor metalice, din reacţiile dintre argile, cărbuni, ţiţei şi apele ce conţin combinaţii ale sulfului (I. Preda, P. Maroşi, 1971).

Acolo unde circulaţia verticală a apei este absentă, se pot forma orizonturi cu conţinut bogat în sulfaţi, lipsite de viaţă (de exemplu, la adâncimi mai mari de 150-200 m în Marea Neagră).

Metanul (CH_4) este caracteristic apelor continentale stagnante (lacuri, bălţi, heleştee, mlaştini) unde provine din descompunerea celulozei fitocenozelor (după moartea lor). În cazul apelor subterane, metanul este prezent în acele ape ce însoţesc zăcămintele de petrol şi gaze naturale. El este legat, de asemenea, de vulcanii noroioşi sau de apele ce spală argilele bituminoase. Ca şi hidrogenul sulfurat, metanul este toxic pentru multe animale acvatice.

2.1.3. PROPRIETĂȚILE BIOLOGICE ȘI BACTERIOLOGICE

Aprecierea cât mai corectă a calității apelor se realizează luând în considerare și proprietățile biologice și bacteriologice.

➢ ***Analiza biologică*** pune în evidență felul speciilor biocenotice, cantitatea și densitatea lor. Unele dintre acestea indică o calitate bună a apelor, în timp ce altele atestă poluarea unităților acvatice.

În funcție de rolul lor în indicarea calității apei se disting specii: ***polisaprobe*** (specifice apelor foarte puternic impurificate); ***α-mezosaprobe*** (întâlnite în apele puternic impurificate); ***β-mezosaprobe*** (în apele moderat impurificate) și ***oligosaprobe*** (care trăiesc în apele curate) (P. Trofin, 1972). Lista speciilor din fiecare tip este cuprinsă în tratate și îndrumătoare de specialitate.

➢ ***Analiza bacteriologică*** are în vedere organismele de dimensiuni foarte mici, vizibile numai la microscop. Ea se realizează pentru stabilirea stării igienice a apei, adică a gradului de infectare bacteriană cu germeni patogeni, virusuri patogene, germeni de paraziți ș.a.

Din punct de vedere al importanței pentru calitatea apei, se disting: ***bacterii banale*** (colibacili), care în proporție mare indică infestarea unităților acvatice cu ape uzate de canalizare (îndeosebi cu dejecții umane); ***bacterii saprofite***, care evidențiază contaminarea apei cu dejecții animale; ***bacterii patogene***, care provoacă boli hidrice (febra tifoidă, holera, dizenteria ș.a.).

2.2. POLUAREA APELOR ȘI ACȚIUNI PRIVIND PROTECȚIA ȘI CONSERVAREA CALITĂȚII LOR

2.2.1. POLUAREA APELOR

Dezvoltarea continuă și din ce în ce mai intensă a societății umane, atât ca număr de locuitori, cât mai ales în ceea ce privește activitățile social-economice, a condus, pe de o parte, la creșterea consumului și necesarului de apă, iar pe de altă parte, la deteriorarea acestei resurse vitale, prin poluare. În asemenea condiții, omenirea contemporană se confruntă cu o veritabilă criză a apei, ce îmbracă două aspecte: cantitativ și calitativ.

➢ ***Degradarea calității apelor continentale*** se datorează, în principal, activităților industriale (printre cele mai poluante domenii se impun cele ale industriilor chimică, alimentară, metalurgică, extractivă a combustibililor și minereurilor etc.), agricole (folosirea îngrășămintelor chimice, pesticidelor, depozitarea necorespunzătoare a dejecțiilor animale sau evacuarea fără tratare prealabilă a apelor uzate de la fermele zootehnice în unități acvatice naturale) și deversările apelor menajere din așezările umane (cu precădere urbane), ape cu o bogată încărcătură în substanțe organice, detergenți, bacterii patogene.

➢ ***Poluarea mărilor și oceanelor*** este generată de mai multe categorii de surse:

- activitățile social-economice desfășurate în zonele litorale și porturi;
- transporturile maritime (îndeosebi de petrol și produse chimice);
- apele continentale poluate;
- depozitele de deșeuri chimice și radioactive;
- experiențele nucleare etc.

Cele mai afectate de poluare sunt estuarele, golfurile şi mările închise. În prezent, cu un grad ridicat de poluare se înscriu Marea Baltică, Marea Mediterană, Marea Nordului, Golful Persic, Golful Tokio. Cu un risc sporit se înscriu şi Marea Neagră şi cea Caspică..

Poluarea apelor poate fi de natură **fizică, chimică şi biologică.**

➢ ***Deteriorarea caracteristicilor fizice*** ale unităţilor acvatice poate fi ***termică*** (datorată apelor calde provenite din diferitele procese tehnologice şi deversate în colectori naturali) sau ***radioactivă*** (rezultată din particulele radioactive ajunse în ape prin intermediul ploilor, din apele utilizate în centralele nucleare ş.a.).

➢ ***Poluarea chimică*** se produce ca urmare a infestării apelor cu produse petroliere, azotaţi, fosfaţi, pesticide, detergenţi, metale grele etc. Hidrocarburile constituie unul dintre cei mai nocivi poluanţi ce afectează atât apele continentale, cât şi pe cele maritime. Aceste substanţe provin în cea mai mare parte din activităţile de exploatare şi de transport al petrolului şi al produselor derivate. Deosebit de periculoase sunt accidentele tancurilor petroliere şi spălarea lor în porturi, deteriorarea conductelor de transport, erupţiile sondelor terestre sau marine. Se estimează că anual, pe diverse căi, ajung în apele oceanice 5 – 10 mil t. de petrol (Gh. Mohan, A. Ardelean, 1993). Pelicula de ţiţei pluteşte la suprafaţa apei formând aşa-numita „maree neagră" (s-a apreciat că o tonă de petrol brut se poate extinde pe o suprafaţă de până la 12 km^2). Cu cât produsele petroliere sunt mai rafinate creşte şi volumul de apă afectat).

➢ ***Poluarea biologică*** (generată de îmbogăţirea apelor cu diferite microorganisme şi substanţe organice) poate afecta sănătatea oamenilor, generând afecţiuni precum: hepatită virală, holeră, dezinterie etc.

2.2.2. ACŢIUNI PRIVIND PROTECŢIA ŞI CONSERVAREA RESURSELOR DE APĂ

Deteriorarea calităţii apelor prin poluare, asociată consumului din ce în ce mai ridicat, a generat preocupări tot mai susţinute privind protecţia şi conservarea resurselor de apă, factor determinant al dezvoltării lor durabile. Interesul ţărilor lumii de a preveni şi combate poluarea apelor şi de a asigura un mediu înconjurător sănătos este reflectat de acţiuni multiple şi variate ale unor organizaţii internaţionale (guvernamentale sau nonguvernamentale), precum şi ale unor instituţii specializate ale O.N.U. Printre acestea se remarcă: U.N.E.S.C.O, F.A.O., O.M.S., C.E.E. ş.a., între preocupările cărora se regăsesc şi aspecte privind protecţia apelor.

„Declaraţia de la Rio" şi „Agenda 21", două din documentele adoptate de Conferinţa Naţiunilor Unite privind Mediul şi Dezvoltarea (de la Rio de Janeiro, 3 – 14 iunie 1992), includ, printre altele, importante referiri la conservarea şi protejarea apelor continentale şi oceanice. În cadrul Reuniunii Mondiale asupra Dezvoltării Durabile desfăşurate la Johannesburg (26 august – 4 septembrie 2002) s-a reafirmat interesul comun al tuturor naţiunilor privind protecţia şi conservarea mediului şi s-au stabilit noi programe şi direcţii de acţiune, dintre care unele vizează resursele de apă. În contextul acţiunilor privind gestiunea durabilă a resurselor de apă se înscriu forumurile internaţionale ale apei (organizate începând din 1997 la Marrakesh, Haga - 2000, Kyoto - 2003) şi congresele mondiale ale apei (Paris – 2000, Berlin – 2001, Melbourne – 2002, Marrakesh – 2004). Declararea de către ONU a anului 2003 ca „An internaţional al apei dulci" exprimă o dată în plus interesul umanităţii pentru această resursă vitală. De asemenea, consacrarea unei „Zile mondiale a apei" (22 martie) ilustrează importanţa care se acordă apei la nivel mondial.

În Europa, strategia şi politica în domeniul apei sunt reglementate prin diferite directive dintre care o deosebită importanţă pentru perioada actuală o prezintă Directiva Cadru 2000/60/EC a Parlamentului şi Consiliului European. Aceasta stabileşte un cadru comun de acţiune şi norme în domeniul politicii apei atât pentru ţările din Uniunea Europeană şi pentru cele aflate în proces de aderare. Scopul general al Directivei este atingerea unei „stări bune" a tuturor corpurilor de apă din Europa astfel încât să se asigure condiţii de viaţă similare din punct de vedere al apei pentru toţi locuitorii Europei (Şerban, 2003).

2.2.3. POLUAREA APELOR ÎN ROMÂNIA ŞI PROTECŢIA LOR

Încadrarea apei în diferite categorii de calitate de realizează pe baza analizei proprietăţilor fizice, chimice, biologice şi bacteriologice, în conformitate cu standardele prevăzute în normativele la nivel naţional şi european. În România, până în anul 2003, în stabilirea calităţii apelor de suprafaţă s-a utilizat STAS 4706/ 88 – *Categorii şi condiţii tehnice de calitate a apelor de suprafaţă,* conform căruia apele puteau fi încadrate în patru categorii de calitate: I, II, III şi degradat. În vederea alinierii la cerinţele Uniunii Europene, începând din 2003 încadrarea apelor naturale în categorii de calitate se realizează conform *Normativului* 1146/ 2002. Noul act normativ diferenţiază cinci clase de calitate: clasa I- a – stare foarte bună; clasa a II-a – stare bună; clasa a III-a – stare moderată; clasa a IV-a – stare satisfăcătoare; clasa a V-a – stare nesatisfăcătoare.

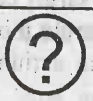
Ca urmare a acţiunii factorilor poluanţi, în anul 2003, în România, din cca. 22 000 km de ***râuri*** investigate sub aspectul calităţii, 6% au deţinut ape degradate calitativ şi acelaşi procent, ape de categoria a III –a (conform datelor publicate de Administraţia Naţională „*Apele Române*"). Două treimi (66%) din lungimea totală monitorizată au corespuns primei categorii calitative, iar 22% celei de-a doua categorii. Dacă la nivel naţional situaţia globală a calităţii apei râurilor este destul de bună, la nivel regional (de bazine hidrografice şi râuri) există situaţii de poluare accentuată. Cele mai mari lungimi de râuri cu apă în afara limitelor de calitate s-au înregistrat în anul 2003 în bazinele Vedei, Prutului, Ialomiţei. Printre râurile cu un grad ridicat de poluare se înscriu: Arieşul, Târnavele, Jiul, Amaradia, Oltul (în sectoarele mijlociu şi inferior), Dâmboviţa (în aval de Bucureşti), Ialomiţa, Prahova, Teleajen, Bistriţa, Trotuş, Bahlui ş.a. Principalele substanţe poluante au fost reprezentate prin: cloruri, suspensii, elemente organice, produse petroliere, azotaţi, amoniac, hidrogen sulfurat, detergenţi, pesticide, diferite metale etc. Cele mai importante surse de poluare au fost: activităţile de gospodărie comunală, industria chimică, industria de producere a energiei electrice şi termice.

În privinţa ***apelor subterane***, se apreciază că cele freatice sunt afectate de poluare în proporţie de cca. 50%, iar acviferele de adâncime într-un procentaj de 15%. Principalele categorii de poluanţi ai acestor ape sunt: produsele petroliere, cele rezultate din procesele industriale, elementele chimice utilizate în agricultură (pentru fertilizare şi combaterea dăunătorilor), reziduurile menajere şi zootehnice.

Supravegherea calităţii apelor din România se realizează prin intermediul Sistemului Naţional de Monitorizare a Calităţii Apelor care include cinci subsisteme (ape curgătoare de suprafaţă, lacuri naturale şi artificiale, ape marine litorale, ape subterane freatice, ape uzate). Pentru apele curgătoare există o reţea de supraveghere compusă din 320 secţiuni de ordinul I, amplasate pe principalele râuri ale ţării, în

care se determină, în campanii lunare, 25 – 30 de indicatori de calitate. În peste 60 de secțiuni, situate pe râuri importante se efectuează determinări zilnice pentru cca. 12 indicatori de calitate (E. Cușa, 1997). Supravegherea calității apelor subterane se realizează pe bază de măsurători la 1270 de foraje din cadrul rețelei hidrogeologice.

Activitatea de protecție și conservare a calității apelor îmbracă forme complexe și este reglementată printr-o serie de prevederi cuprinse în legi și acte normative, între care se impun: *Legea protecției mediului* (137/1995) modificată și completată de Legea 294/2003; *Legea apelor* (107/1996) modificată și completată de Legea 310/2004; *Legea privind calitatea apei potabile* (458/2002; *Legea pentru gospodărirea rațională și asigurarea calității apelor* (5/1989); *Legea gospodăriei comunale* (4/1981) etc. O serie de STAS-uri și normative stabilesc condițiile calitative ce trebuie îndeplinite de ape pentru a fi utilizate în diferite scopuri: STAS 1342/91 – *Condiții de calitate a apei potabile* (înlocuit de Legea 458/2002); *Normativul privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață* stabilit prin Ordinul 1146/2002, înlocuind STAS 4706/88 – *Categorii și condiții tehnice de calitate a apelor de suprafață*; STAS 9450/88 – *Apa pentru irigarea culturilor agricole*; *Hotărarea de Guvern nr. 472/2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă* ș.a.



ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se enumere și să se caracterizeze succint principalele proprietăți fizice și chimice ale apei lichide.*
2. *Ce presupune analiza biologică și bacteriologică a apei și care este scopul ei?*
3. *Care sunt principalele surse și modalități de poluare a apelor?*
4. *Care este situația calității apelor curgătoare și subterane în România?*
5. *Precizați principalele legi și acte normative care vizează protecția apelor din România, gospodărirea și calitatea lor.*

---

3. IMPORTANȚA APEI ÎN NATURĂ ȘI PENTRU ACTIVITĂȚILE SOCIAL-ECONOMICE

3.1. ROLUL APEI ÎN PROCESELE NATURALE

Principalele procese naturale în desfășurarea cărora apa, sub diversele ei forme de manifestare, deține un rol important sunt cele geochimice, geofizice, biologice și geomorfologice.

3.1.1. ROLUL APEI ÎN PROCESELE GEOCHIMICE ŞI GEOFIZICE

Apa, prin acţiunea ei de ***dizolvare*** se manifestă foarte activ îndeosebi pe rocile solubile, cum sunt formaţiunile de sare, de gips, calcarele, marnele şi argilele calcaroase. Din observaţiile efectuate s-a constatat că dizolvarea este mult mai puternică atunci când apa este încărcată cu dioxid de carbon. Dealtfel, sub influenţa apelor meteorice, care, de regulă, au un conţinut bogat de dioxid de carbon, regiunile calcaroase sunt afectate cel mai intens de procesul de dizolvare. Sub influenţa acestui proces iau naştere diferite forme carstice: lapiezuri, doline, polii, draperii calcaroase, peşteri cu stalactite şi stalagmite etc.

Apa are, de asemenea, un rol important şi în procesele de ***hidratare*** şi ***oxidare***. De exemplu, prin procesul de hidratare *anhydritul* ($CaSO_4$) se transformă în *gips* ($CaSO_4 \cdot H_2O$), iar prin calcinarea acestuia, adică prin pierderea apei, rezultă *ipsosul*, un important liant folosit, mai ales, în construcţii. Tot prin acţiunea hidrochimică a apei, în scoarţa terestră au loc depuneri de minerale pe linia unor fisuri şi diaclaze. În felul acesta iau naştere diversele filoane metalifere, mineralizările hidrotermale, dentritele (scurgeri solidificate ale FeO), travertinul, stalactitele şi stalagmitele din peşteri.

Râurile care străbat formaţiuni cu roci uşor solubile acţionează asupra lor prin procesul de dizolvare, rezultând astfel însemnate cantităţi de săruri ce sunt transportate în soluţie în lacuri, mări şi oceane. De asemenea, izvoarele minerale care sunt încărcate cu o anumită cantitate de săruri rezultă tot prin acţiunea de dizolvare a diverselor săruri din roci.

Apa prezintă o importanţă deosebită şi în ***procesele hidrofizice***. De exemplu, dezagregarea fizică a rocilor se efectuează prin acţiunea de îngheţ şi dezgheţ. Apoi prin procesele dinamice ale apei se poate produce fenomenul de şiroire la suprafaţa solului, poate avea loc acţiunea de eroziune fluviatilă şi torenţială şi totodată se pot realiza transportul şi depunerea aluviunilor.

3.1.2. ROLUL APEI ÎN PROCESELE BIOLOGICE

Plantele, animalele şi omul pentru a-şi putea îndeplini funcţiile vitale au nevoie de apă. Plantele şi animalele îşi desfăşoară activitatea în funcţie de gradul de umiditate în care îşi au habitatul. Unele specii, pentru a-şi realiza procesele fiziologice, trăiesc numai în apă, alcătuind ***plantele hidrofile***; altele sunt adaptate să trăiască într-un mediu cu umiditate multă, formând grupa ***plantelor higrofile***. Acestea se află răspândite în regiunile ecuatoriale sau în zonele temperate (în luncile râurilor, pe parterul umed al pădurilor) sau în spaţiile bogate în umiditate. Există însă specii de ***plante cu caracter xerofil***, care sunt adaptate să trăiască într-un mediu cu umiditate deficitară.

Apa are o importanţă covârşitoare şi în viaţa animalelor. Acestea îşi procură apa atât din mediul în care trăiesc, cât şi din plantele cu care se hrănesc. Cantitatea de apă de pe suprafaţa pământului este neuniform repartizată, de aceea animalele şi-au creat anumite adaptări faţă de această situaţie. Unele s-au acomodat la un grad de umiditate mai ridicat, altele la un grad de umiditate extrem de redus.

Animalele care trăiesc în mediul acvatic sunt adaptate numai la acest mediu de viaţă şi, în consecinţă, orice alte schimbări le-ar putea provoca moartea. Ele alcătuiesc grupa faunei acvatice.

3.1.3. INFLUENȚA APEI ASUPRA CLIMATULUI

Condițiile climatice sunt influențate într-o mare măsură de răspândirea suprafețelor oceanice și continentale.

Încălzirea uscatului diferă de cea a mărilor și oceanelor. Sub acțiunea razelor solare apa se încălzește mai lent decât uscatul, dar, în același timp, căldura acumulată o cedează cu mult mai greu. O consecință importantă a acestui fapt o constituie apariția a două tipuri de climate și anume un ***climat continental***, de regulă mai călduros și mai uscat și un ***climat maritim***, mai răcoros și mai umed.

În zonele litorale maritime, ca urmare a încălzirii și răcirii diferențiate a apei și uscatului, se formează ***brizele marine*** care-și schimbă direcția de la zi la noapte. Acest fenomen se produce la o scară cu mult mai mare pe continentul asiatic unde se formează climatul musonic, ce se manifestă printr-un anotimp ploios pe continent, în timpul verii și unul secetos în timpul iernii.

Influența apei asupra condițiilor climatice dintr-o anumită regiune se manifestă și prin acțiunea pe care o exercită ***curenții marini***. În Oceanul Atlantic, Curentul Golfului (Gulf Stream) udă coastele Europei vestice favorizând menținerea unui climat blând cu ierni umede și veri nu prea călduroase. Pe coastele estice ale Americii de Nord, afectate de curentul rece al Labradorului, se formează un climat cu ierni friguroase și veri răcoroase.

3.1.4. ROLUL APEI ÎN MODELAREA RELIEFULUI

Apa acționează intens asupra scoarței terestre fiind cel mai activ factor extern. Când pătrunde prin fisurile rocilor, mai ales în perioadele de îngheț și dezgheț, apa realizează un intens ***proces de dezagregare fizică*** a acestora. Ca urmare a acestui fapt, pe versanții unor regiuni muntoase s-au format mase de grohotiș de mărimi variabile. Dealtfel, acest proces de dezagregare a rocilor este foarte activ și în ținuturile reci subpolare unde ia naștere așa numitul relief periglaciar.

Apa acționează în modelarea reliefului și prin procesele de eroziune, transport și acumulare care contribuie la ***formarea reliefului fluviatil*** (în cazul apelor curgătoare). O dată cu acțiunea de transport a apelor curgătoare, care are loc prin disoluție (săruri de natriu), în suspensie (mâlurile fine) sau prin târâre și rostogolire (nisipuri, pietrișuri, bolovănișuri și chiar blocuri de piatră), în condiții favorabile, aceste materiale se depun în lungul albiilor sub formă de grinduri, ostroave, bancuri nisipoase, renii etc.

Apa subterană, prin procesul de infiltrare și circulație, acționează, de asemenea, asupra reliefului. Ea favorizează ***procesele de solifluxiune și alunecările de teren***.

Apa lacurilor și mărilor acționează în ***formarea reliefului litoral***. Dintre factorii genetici un rol important îl au valurile, mareele și curenții marini care dau naștere cordoanelor nisipoase, plajelor, falezelor și platformelor continentale.

Ghețarii, prin procesele de eroziune, transport și acumulare pe care le realizează, contribuie la ***crearea reliefului glaciar*** (circuri și văi glaciare, morene ș.a.).

3.2. IMPORTANȚA APEI PENTRU ACTIVITĂȚILE SOCIAL-ECONOMICE

Dacă la început omul a folosit apa îndeosebi ca sursă de hrană, mijloc de transport și de apărare contra animalelor sălbatice sau împotriva dușmanilor, în

timp, utilizarea apei s-a diversificat tot mai mult. În prezent unitățile acvatice sunt valorificate tot mai intens pentru alimentări cu apă potabilă și industrială, irigații, transporturi, producerea de hidroenergie, turism-agrement, ocrotirea sănătății, sursă de hrană și materii prime.

3.2.1. ALIMENTAREA POPULAȚIEI

După cum este cunoscut, apa este unul din elementele vitale existenței umane. Deși necesitățile biologice ale omului sunt de cca. 2,5 l/om/zi, în realitate consumurile sunt mult mai mari. Ele sunt estimate de către O.M.S. la o valoare optimă de 150 l/om/zi, care să acopere nevoile de hrană, sanitare și biologice.

La nivel mondial, pentru alimentarea populației este utilizat 8% din volumul de apă prelevat pentru consumul diverselor folosințe. Ponderile destinate acestui domeniu sunt foarte diferite de la un continent la altul și de la o țară la alta. Raportându-se cantitățile de apă utilizate anual pentru alimentarea populației la numărul de locuitori, rezultă consumul anual pe locuitor. Astfel, pe baza datelor din *World Resources 1998 – 99* s-a calculat că fiecărui locuitor al Terrei îi revine un consum de 43 m^3/an, ceea ce reprezintă aproximativ 118 l/loc/zi. La nivel continental, cele mai mari consumuri se remarcă în Oceania (1047 l/loc/zi) și America de Nord (688 l/loc/zi), iar cele mai reduse în Africa (42 l/loc/zi) și în Asia (86 l/loc/zi) (tab. nr. 2). În România, din totalul volumului de apă prelevat pentru folosințe, populației îi este destinat 8%, ceea ce reprezintă cca. 20 mil. m^3 anual (în 1994, conform datelor din *World Resources 1998 – 99*). Prin raportarea acestui volum la numărul de locuitori ai țării, se obține un consum aproximativ de 90 m^3/loc/zi, adică 241 l/loc/zi (valoare foarte apropiată de cea la nivel european). Acest consum înglobează însă numeroase pierderi ce au loc în rețelele de distribuție ale orașelor și în sistemele de irigații. În municipiul București, consumul zilnic pe locuitor este de 620 l, din care 190 l/loc/zi (aproape o treime) îi reprezintă pierderile.

Alimentarea cu apă a populației se realizează în sistem centralizat sau individualizat. Alimentarea centralizată este specifică mai ales mediului urban. La nivelul anului 2002, conform raportului WHO/UNICEF (2004), 83% dintre locuitorii planetei aveau acces la apă potabilă de bună calitate, însă doar 52% erau conectați la sisteme de alimentare cu apă. În timp ce în mediul urban ponderea populației ce beneficiază de alimentare cu apă este de 79%, în mediul rural, aceasta este de doar 27%. Aproape 2/3 dintre persoanele care nu au acces la servicii de alimentare cu apă trăiesc în Asia (63%) și mai mult de un sfert (28%) în Africa.

3.2.2. ALIMENTAREA INDUSTRIEI

Pentru a se dezvolta în condiții optime, industria are nevoie de importante cantități de apă în procesele de fabricație, de răcire sau de încălzire a agregatelor etc. Mari consumatoare de apă sunt industriile carboniferă, metalurgică, chimică, a celulozei și hârtiei ș.a. Cantități importante de apă sunt utilizate pentru răcire în centralele termo și atomoelectrice.

Pe plan mondial, consumul de apă pentru alimentarea industriei reprezintă aproape un sfert (23%) din volumul total prelevat (cf. *World Resources, 1998 – 99*), ceea ce reprezintă 745 km^3/an. Cele mai mari procentaje (peste 30 – 40%) revin țărilor puternic industrializate, în timp ce în țările sărace ele scad la mai puțin de 10%. La nivelul anului 1994 în România au fost destinate folosințelor industriale 33% (8,6 km^3) din consumul total anual.

3.2.3. APA CA MIJLOC DE COMUNICAȚIE

Comunicațiile pe apă s-au dezvoltat din cele mai vechi timpuri întrucât prin aceste căi se realizează transporturile cu prețul cel mai redus. Transportul pe apă este organizat pe spațiul marin și lacustru, precum și pe marile sisteme fluviatile.

Navigația pe spațiul Oceanului Planetar a favorizat crearea de rute oceanice între diferitele țări și între diferitele continente și totodată a dus la dezvoltarea unor orașe și porturi maritime de mare importanță economică și comercială, prin intermediul cărora se realizează o intensă circulație de mărfuri cu volum și greutate mare (cărbune, petrol, minereuri, bumbac, cereale, lemn, produse industriale, sare etc.).

Oceanul Atlantic, care leagă Europa de Africa și cele două Americi, deține 75% din transporturile mondiale. Cea mai redusă activitate are loc în Oceanul Arctic și aceasta se desfășoară numai în timpul verii prin "*Marele drum maritim de Nord*" care leagă Oceanul Altantic cu Oceanul Pacific.

Cum schimbul de mărfuri se face între diferite porturi ale lumii aflate la mari distanțe unele de altele, în secolul al XIX-lea s-a pus problema scurtării unor distanțe prin construirea de canale maritime. Primul dintre ele care a fost dat în folosință este Canalul Suez (1869), apoi au urmat canale Corint (1893), Kiel (1896) și Panama (1914).

Navigația pe fluvii se efectuează pe marile artere hidrografice din Europa, America și Asia. Dintre organismele pe care se practică o navigație fluvială intensă menționăm: fluviile Dunărea, Volga, Kama, Don, Nipru, Rin, Neckar, Loara, Sena, Vistula, Oder din Europa; Obi, Enisei, Amur, Chang-Jiang, Xijiang, Gange-Brahmaputura, Irrawaddi, Mekong, Salween din Asia; Parana, Sao Francisco, Orinoco, Magdalena din America de Sud; sistemul fluviatil Mississippi-Ohio, Sf. Laurențiu din America de Nord. În Africa navigația este mai restrânsă și se practică îndeosebi pe fluviile Nil, Congo (Zair), Niger și Zambezi.

Între diferitele sisteme fluviatile s-au construit canale fluviale pentru a se asigura o circulație interioară cât mai intensă. Cele mai numeroase se află în Europa, în lungime de circa 14000 km. Dintre acestea, mai importante sunt: Rhin-Dunăre (Canalul Ludwig), Rhin-Vistula, Rhin-Marna, Spree-Oder, Dortmund-Ems, Mosela-Meuse, Marea Baltică - Marea Albă, Moscova-Volga și Volga-Don. În America de Nord cel mai important canal este Erie-Hudson, care leagă Marile Lacuri Americane.

3.2.4. APA CA SURSĂ DE ENERGIE

Forța apelor a fost valorificată din timpuri străvechi. Vechile civilizații din China, Siria, Egipt foloseau această forță la acționarea roților hidraulice utilizate pentru irigarea terenurilor. În secolul al XI-lea, energia apelor începe să fie tot mai mult valorificată pentru a pune în mișcare morile de apă, pivele, joagărele ș.a. Mai târziu, spre sfârșitul secolului al XIX-lea, apar primele centrale hidroelectrice (pe Neckar, în Germania, în 1891) și cunosc o mare dezvoltare mai ales în a doua jumătate a secolului nostru. Rezultate importante în această direcție au obținut țări precum Norvegia, Suedia, Elveția, Italia, Franța, S.U.A., Federația Rusă etc., ce dețin un potențial hidroenergetic ridicat oferit de apele curgătoare.

Cele mai mari centrale hidroelectrice din lume sunt Itaipu pe Parana (cu o putere instalată totală de 12 600 MW), Grand Coulee, pe fluviul Columbia (9770 MW), Paulo Alfonso, pe Paranaiba (6770 MW) ș.a. Dintre marile sisteme

hidroenergetice ale lumii, se remarcă: Volga – Kama, Nipru, Angara, Enisei (în Federația Rusă); Columbia, Tennessee, Missouri, California (în SUA); Huang He (în China, unde urmează să se realizeze cea mai mare hidrocentrală din lume); Rio Grande, Parana, Paranaiba, Orinoco (în America de Sud); Zambezi (în Africa) etc.

În România, primele centrale hidroelectrice s-au construit la sfârșitul secolului al XIX - lea. Este vorba de centralele de la Sadu I (1896), Câmpina (1897) și Sinaia (1898). În secolul al XX-lea, mai ales în a doua lui jumătate, resursele hidroenergetice au început să fie exploatate printr-un număr important de centrale construite pe principalele râuri. Dintre acestea menționăm: Crăinicel pe Bârzava, Moroeni pe Ialomița, Sadu V pe râul Sadu, șirul de hidrocentrale de pe râurile Bistrița, Argeș și Olt, Tarnița și Fântânele de pe Someșul Cald, Vidra pe Lotru (cea mai mare de pe râurile interioare, cu o putere instalată de 510 MW), Porțile de Fier I (2050 MW) și Porțile de Fier II (500 MW) pe Dunăre ș.a.

Alături de energia apelor curgătoare, în unele țări este valorificată și energia mareelor. Aceasta poate fi utilizată în regiunile unde amplitudinea lor depășește 3 – 5 m. Cea mai mare centrală maree-motrică a fost realizată în 1966 în Franța, în estuarul fluviului Rance și are o putere instalată de 240 MW.

O sursă potențială hidroenergetică o reprezintă curenții marini și diferențele termice între apele de suprafață și de adâncime a oceanelor, dar până în prezent nu s-au găsit soluții tehnice viabile pentru valorificarea lor pe scară largă, ci numai la nivel local, cu caracter îndeosebi experimental.

3.2.5. IMPORTANȚA APEI PENTRU IRIGAȚII

Începuturile practicării irigațiilor se pierd în negura timpului. Documente istorice menționează urme ale unor asemenea practici cu 5000 – 6000 de ani în urmă, la vechile popoare din lungul Nilului, ale Indusului, din Mesopotamia și China.

Pentru irigarea terenurilor este necesară o cantitate mare de apă. În medie sunt folosiți circa 3000-3500 mc de apă la ha pe întreaga perioadă de vegetație a plantelor.

Suprafețele irigate au crescut continuu, de la 8 mil. ha la sfârșitul sec. al XVIII-lea, la 40 mil. ha la sfârșitul sec. al XIX-lea și la 235 mil. ha în 1994 (*World Resources 1998-99*). La nivel mondial, pentru consumurile din agricultură (îndeosebi pentru irigații) se utilizează 69% din cantitatea totală anuală de apă prelevată pentru diferite folosințe. Ponderi extrem de ridicate (peste 80%) revin continentelor Asia, Africa și America Centrală, în timp ce în Europa, America de Nord și Oceania ele sunt mai reduse de 40%.

Țările cu cele mai mari suprafețe irigate sunt cele din Asia de Sud-Est (mari cultivatoare de orez), care însumează aproximativ 60% din totalul terenurilor irigate de pe Glob. Între acestea se impun: China (cca. 50 mil. ha), India (49 mil. ha) și Pakistan (16 mil. ha), care dețin, numai ele, aproape jumătate din suprafețele irigate pe plan mondial. Irigațiile se mai utilizează pe scară largă și în Statele Unite ale Americii (21 mil. ha).

În România, irigarea terenurilor a început să se practice încă din sec. al XVIII-lea, dar s-a extins de-abia după 1950. Dacă în anul 1938 erau irigate numai 15 000 ha, în 1997 terenurile amenajate pentru irigații însumau aproape 3,2 mil. ha (după ce în 1985 se apropiau de 4 mil. ha).

3.2.6. APA CA SURSĂ DE HRANĂ ŞI DE MATERII PRIME

Încă de la apariţia sa, omul şi-a procurat din mediul acvatic atât apa, cît şi o parte din hrană, pescuitul fiind una dintre cele mai vechi ocupaţii. Cu timpul s-a trecut şi la valorificarea altor resurse pe care unităţile acvatice de diferite tipuri le conţineau.

La nivel mondial, din mediul acvatic se recoltează în medie (conform datelor din *World Resources 1998-99* pentru intervalul 1993 – 1995) peste 108 mil. tone anual de ***produse alimentare*** (peşti, mamifere, crustacee, moluşte ş.a.), din care cca. 91 mil. t. sunt de origine marină, iar 17 mil t. de apă dulce. În ierarhia ţărilor care exploatează asemenea resurse se impun: China (aproape 22 mil. t. anual, din care 11,7 mil. t. provin din mediul marin), Peru (9,9 mil. t. din mediul marin şi 44 mii t. din cel dulcicol), Japonia (7,2 mil. t. produse marine şi 70 mii t. de apă dulce), Chile (7,1 mil. t. numai de provenienţă marină), S.U.A. (5,5 mil. t. produse de origine marină şi 270 mii t. de apă dulce), Federaţia Rusă (cca. 4 mil. t. din mediul marin şi 170 mii t. din cel dulcicol). Alături de aceste ţări se mai remarcă prin producţiile lor, provenite îndeosebi din apa mărilor şi oceanelor: Indonezia, Thailanda, Coreea de Sud, Filipine, Coreea de Nord, Norvegia, Danemarca, Islanda ş.a. În România, s-a recoltat în medie anual în perioada 1993 – 1995 aproape 20 mii tone produse din mediul marin şi 29 mii tone din cel dulcicol.

O importantă resursă alimentară, dar în acelaşi timp şi materie primă pentru industria chimică, o reprezintă ***sarea***. Este cunoscut faptul că din conţinutul mediu în săruri al apei marine de 35‰, 28‰ îl reprezintă Na Cl. Rezervele de clorură de sodiu dizolvate în apa Oceanului Planetar sunt impresionante. Ele sunt estimate la 38 000 000 mld. tone (I. Leţea, Al. Ungureanu, 1979). Sarea marină este exploatată la scară industrială în regiunile în care nu există sare gemă şi în care condiţiile naturale sunt favorabile (climă caldă şi secetoasă cel puţin o parte din an, litoral plat cu substrat impermeabil, salinitate ridicată), precum: ţări riverane bazinului Mării Mediterane, din Orientul Apropiat, China (80% din producţia de sare a ţării e de origine marină), India, Japonia, ţări din America de Sud, unele insule din Pacific etc. Sarea se mai extrage şi din lacuri sărate.

Mineralizarea ridicată a apei mărilor şi oceanelor permite valorificarea şi a unor ***elemente chimice*** cum sunt sărurile de potasiu, de brom, de bor, de magneziu ş.a.

Dintre sursele de materii prime industriale oferite de mediul acvatic, de o importanţă deosebită sunt ***hidrocarburile***. Ele se exploatează prin intermediul platformelor de foraj marin (peste 400) amplasate în Marea Nordului, Marea Caraibilor, Marea Caspică, Marea Neagră, Golful Persic, Golful Mexic, Golful Guineea etc.

3.2.7. ROLUL APEI ÎN ACTIVITĂŢILE DE TURISM, AGREMENT ŞI OCROTIREA SĂNĂTĂŢII

Unităţile acvatice, în funcţie de tipurile şi caracteristicile lor, au favorizat dezvoltarea activităţilor turistice, de agrement şi balneare. Remarcabile prin potenţialul lor turistic sunt ***zonele litorale oceanice şi maritime*** şi ***unităţile lacustre.*** Acestora li se adaugă potenţialul oferit de **izvoarele minerale şi termale, gheţari, ape curgătoare** (a se vedea capitolul 4).

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care sunt principalele procese naturale în desfăşurarea cărora ape deţine un rol important?*

2. *În ce constă importanţa apei pentru activităţile social-economice?*

4. RESURSELE DE APĂ ŞI VALORIFICAREA LOR ÎN TURISM

Resursele de apă reprezintă un potenţial turistic important, valorificat, într-o măsură mai mare sau mai mică, la scară locală, regională, naţională sau internaţională.

Fiecare din formele sub care se află apa (mări şi oceane, ape curgătoare, lacuri, ape subterane, gheţari) prezintă particularităţi ce le conferă calitatea de a se constitui în obiective sau atracţii turistice naturale sau antropice.

4.1. UNITĂŢILE ACVATICE ŞI POTENŢIALUL LOR TURISTIC

Mările şi oceanele reprezintă unitatea acvatică cu cel mai bogat şi diversificat potenţial turistic oferit pe de o parte, de masa de apă, iar pe de alta, de zona litorală. Astfel, mediul acvatic propriu-zis este valorificat pentru practicarea activităţilor de agrement nautic şi subacvatic, în timp ce zona litorală, de ţărm, pe lîngă aspectele peisagistice, oferă posibilitatea desfăşurării unor activităţi multiple: baie, plajă, cură balneară complexă (heliotermă, talazoterapie, climaterică, băi de nămol). În multe cazuri, potenţialului natural al zonei litorale i se asociază obiective cultural-istorice şi economice, astfel încât turismul litoral maritim capătă valenţe mult mai complexe.

Potenţialul turistic al **apelor curgătoare** (fluvii, râuri) este conferit pe de o parte, de peisajul asociat acestora, iar pe de altă parte, de posibilităţile pe care le oferă pentru practicarea pescuitului sportiv, a agrementului nautic, sporturilor nautice (rafting), pentru baie, plajă etc. Marile sisteme fluviatile ale globului, constituie, astfel, pe lângă importante artere de navigaţie, obiective turistice de un deosebit interes. Croaziere desfăşurate pe marile fluvii (Nil, Amazon, Mississippi, Dunăre, Rin, Indus, Gange ş.a.), precum şi plimbările cu vaporaşul pe cursurile de apă ce traversează oraşe importante (Sena la Paris, Tamisa la Londra, Dunărea la Viena, Budapesta, Belgrad, Guadalquivir la Sevilla etc.) sunt activităţi turistice intens practicate.

De o mare atractivitate sunt ***cascadele***, frecvente, mai ales, în regiunile montane, unde prezenţa lor este favorizată de condiţiile litologice şi tectonice. Deosebite prin spectaculozitatea lor sunt cascadele: *Angel* (Venezuela), cu cea mai mare cădere de apă de pe Glob (978 m), situată pe râul Caroni (afluent pe dreapta al fluviului Orinoco); *Victoria* pe Zambezi (cu o cădere de 120m); *Tugella* (în Africa

de Sud, pe râul omonim), cu o diferență de nivel de de 848 m; *Niagara* (între lacurile Erie și Ontario), cu o cădere de numai 50 m, dar cu o largă extindere laterală ș.a. În România, mai cunoscute sunt cascadele *Bâlea* (62 m) în Munții Făgăraș, *Duruitoarea* (42 m) în Munții Ceahlău, Cascada Cailor (160 m) în Munții Rodnei, *Vânturișul* (în Munții Bucegi) etc.

Deltele reprezintă alte obiective turistice asociate apelor curgătoare. Ele se impun prin originalitatea peisagistică, morfohidrografică, floristică și faunistică. În cuprinsul lor se îmbină suprafețele acvatice (brațe fluviale, gîrle, lacuri, mlaștini) cu cele de uscat (grinduri, insule), ce constituie în ansamblul lor un peisaj specific, în același timp exotic (îndeosebi prin vegetație) și de ariditate (dune de nisip). La contactul cu mediul marin se extind plajele. În aceste condiții deltele permit desfășurarea unor activități turistice diversificate: croaziere și agrement nautic, pescuit sportiv, cură heliomarină, plajă, baie ș.a. Printre cele mai renumite delte se înscriu cele ale Nilului, Dunării, Volgăi, Padului, Ronului, Gangelui și Brahmaputrei, fluviului Mississippi etc.

Văile care însoțesc râurile, prin caracteristicile lor pot prezenta o deosebită atractivitate peisagistică, constituidu-se astfel în obiective turistice. Este cazul văilor de tip canion (Marele Canion al fluviului Colorado din Arizona – SUA), cheilor (Bicazului, Turzii, Nerei, Ialomicioarei, Dâmboviciarei, Minișului, Carașului ș.a.), defileelor (Dunării, Oltului, Jiului, Mureșului etc.), văilor de tip fiord (în Norvegia, Scoția, Noua Zeelandă, nord-vestul Americii de Nord) sau al văilor montane (valea Ronului superior, Valea Prahovei, Valea Bistriței ș.a.).

Apele subterane, sub forma izvoarelor minerale și termominerale de o mare bogăție și diversitate, dețin un potențial turistic important, valorificat din timpuri străvechi pentru cură internă și externă. Prezența unor asemenea izvoare a favorizat apariția și dezvoltarea a numeroase stațiuni balneare, de interes regional, național și internațional.

Lacurile, naturale sau artificiale, constituie, de asemenea, un remarcabil potențial turistic. Cu o distribuție spațială foarte diversificată (în zonele monane, deluroase, de cîmpie, litorale, în lunci și delte) și cu origini diverse (tectonice, vulcanice, glaciare, fluviatile, maritime, antropice etc.) lacurile prezintă nu numai atractivitate peisagistică (îndeosebi cele glaciare, vulcanice), ci ele oferă posibilitatea desfășurării unor activități multiple: agrement nautic, pescuit sportiv, plajă, cură balneară și heliotermă. Deosebit de importante prin funcția lor terapeutică sunt lacurile cu mineralizare ridicată (cloruro-sodice, sulfatate, iodurate), unele dintre ele dezvoltate pe masive de sare. Asemenea lacuri au favorizat apariția unor stațiuni balneare și au în țara noastră o largă răspândire: Slănic Prahova, Sovata, Ocna Mureș, Ocna Dej, Ocna Sibiului, Ocnele Mari, Techirghiol, Lacu Sărat, Lacul Amara, Balta Albă ș.a. Majoritatea acestor lacuri prezintă pe fundul lor nămoluri sapropelice de o mare importanță balneomedicală.

Lacurile antropice, îndeosebi cele hidroenergetice amplasate în zonele montane, constituie obiective turistice de mare interes, atât datorită valorii peisagistice pe care o dețin, cât și arhitecturii spectaculoase a barajelor. Remarcabile sunt lacurile din Alpii elvețieni (Grande Dixence, Mauvoisin, Emosson), dar și cele din Carpații românești (Porțile de Fier I, Vidra, Vidraru, Izvoru Muntelui, ș.a.).

Unele lacuri antropice au fost amenajate în interiorul sau în vecinătatea marilor orașe cu scop recreativ (de exemplu, în zona Bucureștiului, lacurile de pe Colentina).

O serie de lacuri, prin extinderea lor deosebită s-au constituit în veritabile zone turistice, de-a lungul țărmurilor lor fiind presărate numeroase stațiuni. Amintim în acest sens lacuri precum Geneva (Léman), Zürich, Constanța (Boden), Maggiore, Como, Lugano, Lacul celor Patru Cantoane (Lùzern), Balaton, Marile Lacuri Americane etc.

Gheţarii, cu precădere cei montani, prin spectaculozitatea lor reprezintă obiective turistice remarcabile, dar mai greu accesibile, datorită situării lor la mari altitudini. Ei oferă turiştilor un peisaj de excepţie, dar şi posibilitatea desfăşurării unor activităţi sportive (ski, escaladă, drumeţii). Unii gheţari au fost amenajaţi special pentru vizitare prin săparea în masa de gheaţă a unor galerii şi spaţii în care sunt realizate şi expuse sculpturi în gheaţă, cum sunt cele de la Chamonix (Franţa) în gheţarul "Mer de Glace", la Jungfraujoch, Zermatt (în Elveţia). Valorificarea turistică a gheţarilor este remarcabilă îndeosebi în Munţii Alpi, unde a fost facilitată prin crearea unor infrastructuri adecvate (căi ferate cu cremalieră, instalaţii pe cablu) care să permită accesul relativ uşor al turiştilor la altiudini de peste 2500-3000m, unde aceştia pot fi admiraţi în toată splendoarea lor. Asemenea amenajări se întâlnesc în Alpii francezi (Chamonix), Alpii elveţieni (Zermatt, Les Diablerets, Interlaken, Grindelwald, Fiesch ş.a.), Alpii italieni (Aosta). La Jungfraujoch, în Elveţia se află gara situată la cea mai mare altitudine din Europa (3475 m), deservită de o cale ferată cu cremalieră ce porneşte de la Interlaken. Ea permite o panoramă deosebită asupra gheţarului Aletsch, cel mai extins din Europa, cu o lungime a limbii glaciare de 26 km. La Gornergrat se află o gară situată la 3154 m altitudine, deservită tot de o cale ferată cu cremalieră, cu plecare de la Zermatt. De la această gară poate fi admirat complexul gheţarului Gorner. Asociat gheţarilor propriu-zişi este relieful glaciar (creste, custuri, văi) care conferă atractivitate peisajului.

4.2. TIPURI DE TURISM FAVORIZATE DE VALORIFICAREA RESURSELOR ACVATICE

Principalele tipuri de turism care valorifică potenţialul oferit de resursele acvatice sunt turismul litoral maritim, turismul de cură balneară, turismul lacustru şi turismul montan.

4.2.1. TURISMUL LITORAL MARITIM

Turismul litoral maritim deţine cea mai importantă pondere în cadrul tipurilor de turism existente la nivel mondial. El înregistrează o perioadă de vârf în sezonul estival, durata sa fiind variabilă de la o regiune climatică la alta. Astfel, în zona Mării Mediterane, sezonul de vârf este de cca. 6 luni, în timp ce în zona Mării Baltice se reduce la 3 luni. În schimb, în regiunea climatului cald, turismul maritim se practică tot timpul anului (în California, Florida, Insulele Canare, Antile etc.).

Principalele regiuni în care turismul litoral maritim are o largă dezvoltare sunt cele riverane Mării Medierane, Oceanului Atlantic, (ţărmul european, sud-american, peninsula Florida şi numeroase insule), Ocenului Pacific (coasta californiană, unele insule ş.a.).

➢ **Bazinul Mării Mediterane** reprezintă una din regiunile globului cu un foarte mare aflux de turişti. Clima blândă, durata insolaţiei, ţărmurile cu plaje întinse sau muntoase (de tip „rivieră") şi calităţile terapeutice ale apei, au constituit

factori favorizanți pentru dezvoltarea a numeroase stațiuni cu infrastructuri turistice adecvate și moderne. Activitatea turistică este mai intensă în sezonul cald, dar datorită climatului blând se practică și cură climatică maritimă de iarnă. Remarcabile sunt stațiunile de pe țărmurile Franței, Italiei, Spaniei, Greciei, Turciei, Croației.

În **Franța** se impun stațiunile de pe celebra „Côte d'Azur" (St. Tropez, Nice, Cannes ș.a.).

În **Italia** se remarcă „rivierele": Riviera di Ponte (cu San Remo), Riviera di Levante (cu Portofino, Santa Margarita) de la Marea Ligurică și cea Tireneană. În golful Napoli se află stațiunile Capri și Ischia. Un interes deosebit prezintă și țărmul Mării Adriatice, îndeosebi Golful Veneției. Insulele Sicilia și Sardinia sunt și ele solicitate de către turiști.

În **sudul Spaniei** sunt celebre „coste"-le de-a lungul cărora se înșiră numeroase stațiuni: Costa de Sol (cu Torremolinos), Costa Virgen, Costa Luminosa, Costa Blanca (cu Benidorm), Costa de Levante (cu Valencia), Costa Dorada (cu Barcelona). Insulele Baleare, cu Palma de Mallorca, constituie un important obiectiv turistic al Spaniei mediteraneene.

În **Grecia**, cele mai renumite stațiuni se află în insule (Korfu, Creta, Rhodos, Thasos), iar în Turcia se remarcă stațiunile de la Marea Marmara, Marea Egee (Kușadasi, Bodrum, Marmaris) și din Goloful Antalyei (Antalya).

Țărmul adriatic al **Croației** cuprinde numeroase stațiuni fie de-a lungul rivierelor, fie în insulele arhipeleagului dalmatin.

Între **celelalte țări mediteraneene** cu turism litoral dezvoltat se ma impun Egiptul (cu stațiunile de lângă Alexandria), Tunisia (cu Hammamet), Israel (cu Haifa) etc.

➢ Litoralul **Mării Negre** este valorificat din punct de vedere turistic de către țările riverane. În **România** sunt renumite stațiunile Mamaia, Constanța, Eforie Nord, Eforie Sud, Olimp, Neptun, Jupiter, Venus, Aurora, Saturn, Mangalia. Pe litoralul **Bulgariei** mai cunoscute sunt stațiunile din zona orașului Varna și din Golful Burgas, în **Ukraina**, stațiunile Yalta (în Crimeea), Odessa, în **Rusia** Soci, iar în **Georgia**, Suhumi.

➢ La **Marea Nordului** și **Marea Baltică**, datorită condițiilor climatice mai aspre, sezonul turistic este mai redus și corespunde anotimpului cald. Pe țărmul Mării Nordului, mai cunoscute sunt stațiunile din **Belgia** (Ostende), **Olanda** (Scheweringen), iar al Mării Baltice, stațiunile din **Germania** (Sylt), **Danemarca** (Lokken), **Polonia** (Sopot), **Letonia** (Riga).

➢ Pe **țărmurile Oceanului Atlantic** se desfășoară o amplă activitate turistică, îndeosebi în Europa, America de Nord și America de Sud.

În **Europa** se remarcă stațiunile din vestul Franței (Biarritz – la Golful Biscaya, La Baule, Dinard, Deauville) și din Spania, atât din zona litorală continentală (San Sebastian, Santander), cât și din Insulele Canare (Las Palmas, Santa Cruz).

În **America de Nord**, regiunea cu cel mai intens turism maritim balnear est Peninsula Florida, de-a lungul căreia se înșiră numeroase stațiuni, dintre care se impun: Jacksonville Beach, West Palm Beach, Daytona Beach, Miami Beach.

Zona Golfului Mexic și bazinul Mării Caraibilor oferă condiții foarte propice activității turistice, tot timpul anului. Se impun aici țărmurile Mexicului, Venezuelei, precum și numeroase insule: Bahamas, Jamaica, Bermude, Haiti, Puerto Rico ș.a.

În **America de Sud**, mai cunoscute sunt stațiunile din Brazilia (Rio de Janeiro, Bahia), Argentina (Mar del Plata), Uruguay (Punta del Este).

➢ La **Oceanul Pacific** turismul maritim balnear este dezvoltat îndeosebi pe coasta vestică a Statelor Unite (de la Los Angeles la San Diego, cu staţiuni precum: Santa Monica, Santa Barbara, Laguna Beach, Imperial Beach, Pacific Beach) şi cea a **Mexicului** (Acapulco), în **Australia** (Sydney Brisbane), **Noua Zeelandă, Insulele Hawaii** (Honolulu), **Tahiti.**

➢ În cazul **Oceanului Indian** se remarcă staţiunile din insulele **Seychelles, Mauritius, Maldive,** din **Indonezia** (Bali), din **Africa de Sud** (Durban) ş.a..

4.2.2. TURISMUL DE CURĂ BALNEARĂ

Turismul de cură balneară este legat de valorificarea terapeutică a izvoarelor minerale şi termale, precum şi a unor lacuri cu apă mineralizată.

La nivel internaţional se impun o serie de staţiuni renumite, îndeosebi din Europa, cum sunt: Karlovy-Vary (cu izvoare termale de până la 82°C) şi Marianske-Lažne în Cehia; Vichy, Evian les Bains, Aix-les Bains, Thonon les Bains, Vittel, Le Puy (în Franţa); Salsomaggiore, Gurgitelleo-Ischia, Aqui Terme, Montrecatini Terme (în Italia); Baden-Baden, Wiesbaden, Aachen (în Germania); Yverdon-les-Bains, Lavey-les-Bains, Loèche-les-Bains (în Elveţia) etc. România dispune de numeroase izvoare minerale şi termale, unele recunoscute pe plan mondial pentru calităţile lor curative. În acest sens se remarcă staţiunile Băile Herculane, Băile Felix (cu ape termale), Călimăneşti-Căciulata, Băile Olăneşti, Băile Govora, Slănic Moldova, Tuşnad, Borsec, Vatra Dornei, Sângeorz Băi, Borsec ş.a. (cu izvoare minerale).

Lacurile cu un grad ridicat de mineralizare (îndeosebi cloruro-sodice, sulfuroase, iodurate), au favorizat, de asemenea, dezvoltarea unor staţiuni balneare, în care se valorifică atât apa lacurilor (pentru cură externă), cât şi nămolul terapeutic. În România astfel de staţiuni sunt destul de răspândite, mai cunoscute fiind: Sovata, Slănic Prahova, Ocna Sibiului, Ocna Dejului, Lacu Sărat, Amara, Sărata Monteoru, Techirghiol ş.a.

4.2.3. TURISMUL LACUSTRU

Turismul lacustru este favorizat de prezenţa unor unităţi lacustre de mari dimensiuni, cu o valoare peisagistică deosebită şi include activităţi diversificate: agrement nautic, pescuit sportiv, plajă, cură climatericăşi heliotermă, ş.a. Asemenea tip de turism se practică în zona lacurilor Balaton, Geneva (Léman), Zürich, Interlaken, Constanţa (Boden), Maggiore, Como, Lugano, Lacul celor Patru Cantoane (Luzern), Neuchâtel etc.

4.2.4. TURISMUL MONTAN

Turismul montan valorifică o gamă mai largă de elemente ale cadrului natural şi antropic, între care un loc important îl deţin cele de ordin hidrologic. Astfel, prezenţa lacurilor (glaciare, vulcanice, de baraj natural, de interes hidroenergetic), a apelor curgătoare, a gheţarilor, conferă peisajului spectaculozitate şi atractivitate şi favorizează desfăşurarea activităţilor turistice de diferite tipuri: drumeţii, sporturi nautice, escaladă, ski.

O dezvoltare amplă a turismului montan se remarcă în Munţii Alpi. În arealul lor se află o mare densitate se staţiuni de altitudine, accesibile prin şosele

modernizate şi căi ferate electrice (multe cu cremalieră), dotate cu o infrastructură modernă, între care transportul pe cablu (teleferic, telecabine, telescaune) deţine un rol important, facilitând accesul până la altitudini de peste 2500-3000 m, greu de atins în alte condiţii.

Printre cele mai renumite staţiuni alpine se înscriu cele din Franţa (Chamonix, Val d'Isère, Les Deux-Alpes), Elveţia (Zermatt, Grindenwald, Davos, St. Moritz), Italia (Courmayeur, Cervinia, Aosta).

Turismul montan este dezvoltat, de asemenea, în Munţii Carpaţi (în Cehia, Polonia, România), Alpii Scandinaviei (în Norvegia), Pirinei (în Spania), Munţii Stâcoşi, Munţii Anzi (în Chile, Argentina) etc.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se descrie potenţialul turistic deţinut de diferitele unităţi acvatice (mări şi oceane, ape curgătoare, lacuri, ape subterane, gheţari), cu exemple semnificative.*

2. *Să se enumere şi caracterizeze tipurile de turism generate de valorificarea resurselor acvatice.*

SINTEZĂ A NOŢIUNILOR ŞI TERMENILOR IMPORTANŢI

***Hidrologia uscatului (hidrologia continentală); metode de cercetare** (staţionară, expediţionară, experimentală); **emisferă oceanică şi emisferă continentală; regiuni endoreice şi regiuni exoreice; resurse de apă şi repartiţia lor pe unităţi acvatice şi teritorială; circuitul apei în natură** (local şi continental; procese şi elemente componente: evaporaţie, condensare, precipitaţii, interceptie, infiltraţie, scurgere); **bilanţul hidrologic şi expresiile sale; proprietăţi fizice ale apei** (temperatură, transparenţă, turbiditate, culoare, densitate, conductibilitate electrică, radioactivitate ş.a.); **proprietăţi organoleptice ale apei** (gust, miros); **proprietăţi chimice ale apei** (reziduu fix, duritate; concentraţia ionilor de hidrogen sau pH-ul, salinitate, conţinut ionic şi în gaze); **proprietăţi biologice şi bacteoriologice; surse şi modalităţi de poluare a apelor continentale şi oceanice; tipuri de poluare** (fizică, chimică, biologică); **acţiuni privind protecţia şi conservarea resurselor de apă la nivel mondial; calitatea resurselor de apă din România şi supravegherea sa; rolul apei în procesele naturale** (geofizice, geochimice, biologice, climatice, geomorgologice); **importanţa apei pentru activităţile social-economice** (alimentarea populaţiei şi industriei, mijloc de transport, sursă de energie, irigaţii, sursă de hrană şi materii prime, turism, agrement, ocrotirea sănătaţii); **potenţialul turistic al unităţilor avatice** (mări şi oceane, ape curgătoare, ape subterane, lacuri, gheţari); **tipuri de turism favorizate de valorificarea resurseleor acvatice** (litoral maritim, de cură balneară, lacustru, montan).*

5. TEME DE CONTROL

Tema 1. *RESURSELE DE APĂ ALE TERREI ŞI BILANŢUL HIDROLOGIC*

Plan orientativ

1. Tipuri de resurse de apă şi distribuţia lor pe Glob (suprafeţe acoperite, volume - în km^3 şi% din volumul total).
2. Resursele de apă ale continentelor.
3. Resursele de apă dulce şi repartiţia lor teritorială.
4. Resursele de apă ale României.
5. Principalele sisteme fluviatile de pe Glob şi caracteristicile lor morfo-hidrologice (lungime, suprafaţa bazinului hidrografic, debit, lungime navigabilă, amenajări hidrotehnice sau hidroenergetice).
6. Bilanţul apei. Analiza elementelor bilanţului hidrologic la diferite scări spaţiale (planetară, continentală, la nivelul României).

Bibliografie de referinţă

Gâştescu P. (1990), *Fluviile Terrei*, Editura Sport-Turism.

Pişota I., Zaharia L. (2001, 2002), *Hidrologie,* Editura Universităţii din Bucureşti

Zăvoianu I. (1999), *Hidrologie*, Editura Fundaţiei "România de Mâine", Bucureşti.

World Resources 2002 – 2004 : **http://pdf.wri.org/wr2002fulltxt 230-283 datables.pdf**

* * * (1983), *Geografia României, Vol. I, Geografie fizică*, Editura Academiei, Bucureşti.

Notă:

Se recomandă ca referatul să includă elemente grafice sugestive (tabele, diagrame, hărţi) care să fie analizate în cuprinsul textului.

Pentru realizarea temei pot fi utilizate şi alte surse bibliografice (atlase, sit-uri web ş.a.).

Tema 2. *RESURSELE DE APĂ ŞI VALORIFICAREA LOR IN TURISM*

Se va considera o regiune fizico-geografică sau administrativă (judeţ, ţară, departament) şi se vor analiza aspectele privind resursele de apă din regiunea respectivă şi valorificarea lor în domeniul turistic.

Plan orientativ

1. Prezentarea generală a resurselor de apă din regiunea considerată: tipuri de unităţi acvatice, caracteristici morfometrice, cantitative, calitative etc.
2. Unităţi acvatice valorificate turistic şi tipurile de turism favorizate de prezenţa şi caracteristicile diferitelor unităţi acvatice
3. Aprecieri cu privire la modul (gradul) de valorificare a potenţialului turistic al resurselor de apă din regiunea considerată: staţiuni turistice, infrastructură, perspective de dezvoltare etc.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Bibliografie de referință

Glăvan V., 1996, *Geografia turismului în România*, Editura Institutului de Management – Turism Eden.

Cândea M., Erdeli G., Simon T., Pieptănatu D., 2003, *Potențialul turistic al României și amenajarea turistică a spațiului*, Editura Universitară, București.

Ghiduri turistice, adrese web ș.a.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A DOUA

APELE SUBTERANE (HIDROGEOLOGIE)

Obiective

Această parte are drept scop prezentarea aspectelor principale privind apele subterane, astfel încât studenții să-și poată însuși cunoștințele hidrogeologice de bază privind: modul și condițiile de formare a apelor subterane, distribuția și circulația acestora, parametrii ce caracterizează scurgerea apelor subterane, tipologia și caracteristicile straturilor acvifere și ale izvoarelor. În final sunt incluse lucrări practice și teme de control ce solicită studenții să aplice și să dezvolte unele aspecte prezentate teoretic și mai succint în cadrul temei.

6. NOȚIUNI GENERALE DE HIDROGEOLOGIE

Hidrogeologia este ramura hidrologiei care se ocupă cu cercetarea apelor subterane, în scopul cunoașterii și valorificării lor.

6. 1. ORIGINEA APELOR SUBTERANE ȘI TEORII ASUPRA FORMĂRII LOR

Majoritatea hidrogeologilor consideră că apele subterane pot să fie de origine vadoasă, juvenilă sau magmatică, veterică sau de sedimentație și cosmică.

➢ **Apele vadoase** se formează din infiltrarea apelor provenite din ploi și zăpezi, din apele de suprafață, precum și din condensarea vaporilor aflați la suprafața terestră. Infiltrarea se produce prin porii și prin fisurile rocilor. O dată ajunse la stratul impermeabil ele încep să formeze straturile acvifere freatice sau straturile acvifere captive. Nivelul piezometric al straturilor acvifere variază în funcție de contribuția surselor de alimentare.

➢ **Apele juvenile sau magmatice** provin din procesul de condensare a vaporilor subterani rezultați din degazeificarea magmelor. Aceste ape au temperaturi ridicate și un bogat conținut de săruri și gaze (CO_2, H_2S).

➢ **Apele de zăcământ**, denumite și ape **de sedimentație, veterice** sau **fosile**, sunt legate de zăcămintele petroliere și sunt de origine marină. Acumularea acestor ape s-a făcut în perioada proceselor de sedimentație. Sunt lipsite de circulație și pot fi considerate ca ape prizonier din timpul sedimentării. Ele se împart în ape de sedimentație singenetice și epigenetice.

- ***Apele de sedimentație singenetice*** s-au format în sedimentele recente, saturate cu apă în proporție de 90%. Pe măsură însă ce se acumulează sedimentele, are loc și un proces de tasare produs sub propria lor greutate, care favorizează eliberarea unei părți din cantitatea de apă acumulată inițial. În roci nu rămâne decât o cantitate de apă liberă corespunzător porilor rămași intacți.
- ***Apele de sedimentație epigenetice*** s-au acumulat în porii rocilor după ce acestea s-au consolidat. Ele se situează la adâncimi mari, iar apele se conservă vreme îndelungată în structuri închise. Acestea sunt considerate ape veterice sau fosile și însoțesc, de regulă, zăcămintele de petrol și gaze.

➢ **Apele cosmice** se află în conținutul meteoriților care ajung pe pământ în stare nedezintegrată. Apa conținută de moleculele mineralelor este extrem de redusă.

Principalele teorii asupra originii apelor subterane.

În stabilirea originii apelor subterane, de-a lungul timpului au existat mai multe opinii. Cei mai mulți oameni de știință au fost adepții teoriei infiltrării apelor și teoriei condensării vaporilor în formarea apelor subterane.

➢ **Teoria infiltrării.** Printre primii care au abordat originea apelor subterane a fost francezul *Bernard Palissy* (1580), arătând că acestea provin din infiltrarea apelor meteorice, până ce întâlnesc un strat impermeabil. Un secol mai târziu, *Edmé Mariotte* (1686) reia teoria infiltrării. Din observațiile efectuate asupra bazinului Sena a constatat că anual pe suprafața acestuia cade o cantitate medie de precipitații estimată la 20 miliarde m^3 de apă. Din acest volum, 1/6 sau 3,37 miliarde m^3 de apă se scurg prin sistemul fluviatil al Senei, iar restul se infiltrează alcătuind apele subterane sau se evaporă în atmosferă.

➢ **Teoria condensării** vaporilor a fost enunțată pentru prima dată de cunoscutul filozof francez *René Descartes*, în secolul al XVII-lea. El arăta că apele s-au format nu prin procesul de infiltrare al precipitațiilor, ci prin condensarea vaporilor care provin din căldura internă a scoarței terestre.

Mai târziu, în secolul al XIX-lea, deceniul al 8-lea, hidrologul german *O. Volger* combate teoria infiltrării apelor emisă de *B. Palissy* menționând că nu poate exista un proces atât de intens de infiltrare, întrucât dacă ar fi așa, ar însemna că apa râurilor și fluviilor s-ar pierde prin infiltrație, iar albiile minore ale acestora ar rămâne secate. Volger susține că apele subterane se formează prin condensarea vaporilor proveniți din aerul atmosferic. În timpul verii, temperatura lor este mai ridicată. În mișcarea lor către scoarța terestră, la o anumită adâncime în sol, unde temperatura este mai scăzută, se produce fenomenul de condensare a vaporilor. Iarna situația este inversă, în sensul că vaporii din atmosferă au o temperatură mai scăzută, iar atunci când ajung la suprafața solului, unde temperatura este ceva mai ridicată, are loc procesul de condensare a acestor vapori.

Teoria lui O. Volger a fost aspru criticată, arătându-se că dacă apele subterane s-ar forma numai prin acest proces de condensare ar însemna ca în natură să existe un schimb foarte intens între vaporii atmosferici și scoarța terestră. Ar însemna ca pe fiecare m^2, timp de 24 ore să acționeze un volum de aer de 2000 m^3, un fapt ce este imposibil. După calculele existente, în atmosferă nu poate fi o cantitate așa de mare de vapori care să asigure rezervele existente de apă subterană.

➢ **Teoria originii mixte a apelor subterane.** În secolul al XX-lea, *A.F.Lebedev* considera că apele subterane se formează atât prin aportul apelor de infiltrație, cât și prin condensarea vaporilor proveniți din aerul atmosferic. Elasticitatea vaporilor din atmosferă scade spre litosferă, iar pe măsură ce circulă prin porii rocilor, aceasta se reduce până ce vaporii ajung la stratul cu temperatura constantă în tot timpul anului și acolo are loc condensarea lor și formarea stratului acvifer. Se apreciază că din cantitatea de apă existentă în straturile subterane, 1/6 provine din condensarea vaporilor, iar restul din apele de infiltrație.

6.2. PROPRIETĂȚILE HIDROGEOLOGICE ALE ROCILOR

Principalele proprietăți hidrogeologice ale rocilor, care influențează procesul de formare și dinamica apelor subterane sunt: porozitatea, permeabilitatea, capacitatea de absorbție, higroscopicitatea și gradul de îndesare.

1. Porozitatea. Este una din proprietăţile hidrogeologice cele mai importante ale rocilor. Este în funcţie de volumul golurilor din rocă şi poate fi determinată sub formă de porozitate totală şi de porozitate eficace.

➢ **Porozitatea totală** (p) include toţi porii, fisurile, interstiţiile şi reprezintă de fapt raportul dintre volumul total al acestor pori (V_p) şi volumul total al rocii (V_t). Mai este cunoscută şi sub denumirea de coeficient de porozitate şi se exprimă în %:

$$p_{(\%)} = \frac{V_p}{V_t} \cdot 100.$$

➢ **Porozitatea eficace (utilă sau efectivă)** (p_e) este dată de spaţiile interstiţiale sau fisurale deschise. Ea reprezintă volumul golurilor prin care apa se poate deplasa gravitaţional şi reprezintă, în medie, 10% din porozitatea totală a unei roci. Se determină raportând volumul de apă gravitaţională dintr-o rocă (V_g) la volumul total al rocii respective (V_t):

$$p_{e\,(\%)} = \frac{V_g}{V_t} \cdot 100.$$

Porozitatea este influenţată de forma şi dimensiunile granulelor de rocă, modul lor de aranjare, precum şi de gradul de îndesare şi de cimentare a rocilor.

În rocile cimentate porozitatea este extrem de mică, iar în unele situaţii ea lipseşte în totalitate, astfel încât circulaţia dintre pori se reduce foarte mult. În rocile necimentate (necoezive), de regulă porozitatea variază în limite destul de mari, între 5 şi 50%. În tabelul nr. 6.1. este redată porozitatea pentru diferite tipuri de roci. Din punct de vedere al porozităţii, există roci poroase şi roci compacte cu fisuri.

➢ **Rocile poroase** sunt reprezentate prin nisipuri, pietrişuri, bolovănişuri etc. În rocile necoezive, porii pot fi grupaţi după dimensiunile lor în pori supracapilari, capilari şi subcapilari.

- ***Porii supracapilari*** se caracterizează prin porozitatea cea mai mare. De regulă, diametrul acestor pori variază între 0,5 şi 1,2 mm. Circulaţia apelor prin aceşti pori se realizează în conformitate cu legile hidrodinamicii. Dacă mărimea porilor depăşeşte 1,2 mm atunci se poate vorbi de o macroporozitate sau de cavernozitate.
- ***Porii capilari*** au dimensiuni ce se încadrează între 0,5 şi 0,0002 mm, fapt ce face să influenţeze în mod deosebit legile hidrodinamicii. Circulaţia apei are loc sub influenţa forţelor capilare.

Tabelul nr. 6.1.

Porozitatea unor tipuri de roci

Roci necoezive	Porozitate (%)	Roci coezive	Porozitate (%)
Pietrişuri şi nisipuri	25 – 30	Calcare	20 – 25
Pietrişuri	25 – 40	Calcare oolitice	3 – 20
Nisipuri	25 – 47	Gresii	5 – 15
Argile	10 – 50	Granite	0,2 – 1,5
Argile depuse recent	80 - 90	Bazalte	0,1 - 2

• ***Porii subcapilari*** au diametrul mai mic de 0,0002 mm. Apa care pătrunde prin aceşti pori se datorează procesului de absorbţie. Ea se menţine în jurul granulelor fiind lipsită de orice formă de circulaţie.

➢ **Rocile compacte cu fisuri** se întâlnesc în cadrul rocilor eruptive şi metamorfice, precum şi în rocile sedimentare cimentate (calcare, gresii, gipsuri etc.). Aceste tipuri de roci au permeabilitate foarte redusă.

După modul de formare, porozitatea rocilor poate fi primară şi secundară.

• ***Porozitatea primară*** este dată de prezenţa golurilor dintre granule de rocă ori de existenţa fisurilor din rocile sedimentare cimentate, eruptive şi metamorfice încă din momentul formării acestora.

• ***Porozitatea secundară*** a apărut după ce au luat naştere rocile, fie prin procesul de dizolvare a acestora, fie prin fisurile rezultate prin contractarea rocilor. Această formă de porozitate mai poate rezulta şi din procesele de cristalizare, deshidratare şi eroziune eoliană.

2. Permeabilitatea este proprietatea rocilor de a permite apelor să se infiltreze şi să circule prin porii şi fisurile lor. Ea este variabilă în funcţie de modul de aranjare a granulelor, de mărimea porilor, de vâscozitatea apei etc. Depinde de porozitate, fără a fi însă direct proporţională cu aceasta (de exemplu, argilele, deşi au o porozitate de până la 50%, au permeabilitate redusă, în timp ce nisipurile, a căror porozitate este de 25 – 47% sunt foarte permeabile).

Din punct de vedere al permeabilităţii, rocile se împart în mai multe categorii: permeabile, semipermeabile şi impermeabile.

➢ **Rocile permeabile** sunt considerate nisipurile, pietrişurile, bolovănişurile, gresiile friabile ş.a. Acestea se caracterizează printr-un grad mare de porozitate care favorizează infiltrarea şi circulaţia apelor. Tipul acesta de roci se consideră că are o permeabilitate *în mic*, omogenă, uniformă sau directă.

➢ **Rocile semipermeabile** includ, de regulă, argilele şi marnele. Cu toate că aceste roci sunt foarte poroase, datorită dimensiunilor lor extrem de mici, după îmbibarea cu apă, devin practic impermeabile.

➢ **Rocile impermeabile** sunt, în general, lipsite de pori, dar prezintă fisuri prin care poate circula apa. Aici se încadrează rocile metamorfice, eruptive şi rocile sedimentare compacte. Aceste roci, datorită numeroaselor fisuri pe care le prezintă, sunt considerate roci cu permeabilitate *în mare* sau cu permeabilitate neomogenă sau indirectă.

Permeabilitatea rocilor este de două feluri: verticală şi orizontală.

➢ **Permeabilitatea verticală** se exprimă cu ajutorul ***coeficientului de infiltraţie*** (K_i) când rocile sunt nesaturate şi cu ajutorul ***coeficientului de filtraţie*** (K_f) sau ***de permeabilitate*** (K), atunci când porii rocilor sunt saturaţi cu apă. Valorile lor se exprimă în cm/s, m/s sau m/zi.

Determinarea celor doi coeficienţi se poate realiza pe teren (prin procedeul turnărilor experimentale) sau în laborator, cu ajutorul dispozitivelor speciale (permeametre) ori utilizând formule empirice. Pentru calcularea lor se folosesc următoarele relaţii:

$$K_i = V_i/I \text{ şi } K_f = V_f/I,$$

unde:

$$V_i = Q_i/S \text{ şi } V_f = Q_f/S.$$

Semnificaţia simbolurilor este: K_i = coeficient de infiltraţie; K_f = coeficient de filtraţie; V_i = viteză de infiltraţie; V_f = viteză de filtraţie; I = gradient hidraulic

(a se vedea 6.5.1.); Q_i = debit infiltrat; Q_f = debit filtrat; S = suprafaţa secţiunii prin care se realizează infiltraţia sau filtraţia.

Coeficientul de filtraţie sau de permeabilitate este un parametru larg utilizat în calculele hidrogeologice.

➢ **Permeabilitatea orizontală** (numită şi **transmisivitate** – T) reprezintă produsul dintre coeficientul de permeabilitate (K) şi grosimea stratului acvifer liber (H) sau captiv (h):

T = KH (pentru straturile acvifere libere) şi

T = Kh (pentru straturile acvifere captive).

Se exprimă în m^2/s sau cm^2/s. Este utilizată pentru calcularea debitelor din straturile acvifere libere.

3. Higroscopicitatea este o altă proprietate a rocilor prin care pot să absoarbă vaporii de apă din atmosferă şi să reţină în golurile lor o anumită cantitate de apă. Higroscopicitatea poate fi considerată maximă, atunci când porii sunt în totalitate umpluţi cu apă sau poate fi redusă, atunci când apa se menţine în stare de vapori în jurul granulelor de rocă, sub influenţa forţelor de atracţie moleculară.

4. Capacitatea de absorbţie constituie proprietatea rocilor de a se îmbiba cu apă. În funcţie de această proprietate, rocile acumulează o cantitate mai mare sau mai redusă de apă. Gradul de îmbibare a rocilor depinde de compoziţia lor granulometrică şi de îndesarea lor. Cantitativ, capacitatea de absorbţie se exprimă prin ***coeficientul de absorbţie,*** care constituie un raport dintre masa de apă reţinută de o probă de rocă în stare naturală şi masa aceleiaşi roci, uscate la temperatura de 105°C:

$$C_a = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100,$$

în care: C_a = coeficientul de absorbţie (în %); m_1 = masa rocii umede (în g); m = masa rocii uscată la 105°C (în g).

5. Gradul de îndesare depinde de modul de aranjare a rocilor necoezive, fiind în funcţie de starea de îndesare naturală a acestora. Gradul de îndesare a rocilor poroase variază între 0 şi 1. Pot fi: roci afânate, cu gradul de îndesare între 0 şi 0,33; roci îndesate, cu coeficientul între 0,33 şi 0,66 şi roci foarte îndesate, cu coeficientul de îndesare între 0,66 şi 1.

6.3. CATEGORIILE DE APĂ DIN ROCI

Rocile conţin în porii şi fisurile lor, precum şi în compoziţia chimică a mineralelor, o anumită cantitate de apă. În acest sens se poate vorbi de existenţa a două tipuri de apă: ***apa legată,*** care se află în jurul şi în interiorul granulelor de rocă, şi ***apa liberă,*** care circulă prin pori şi fisuri sub influenţa forţei de gravitaţie şi capilare.

1. Apa legată. Are rolul de a menţine un anumit grad de umiditate naturală a rocilor. Se împarte în apă legată chimic şi apă legată fizic.

➢ **Apa legată chimic** intră în conţinutul mineralelor rocilor sub formă de ***apă de hidratare*** (care la rândul ei poate fi ***apă de constituţie*** şi ***apă de cristalizare***) şi ***apă zeolitică.***

• ***Apa de constituţie*** intră în compoziţia rocilor şi este legată ionic de reţeaua cristalină a mineralelor (sub formă de ioni de H^+ şi OH^-). Ea poate fi eliminată numai sub influenţa unor temperaturi înalte, în urma cărora reţeaua cristalină a mineralelor se distruge.

• ***Apa de cristalizare*** se află în compoziţia cristalină a mineralelor, fiind reţinută sub formă moleculară. Ea poate fi pusă în libertate prin încălzirea acestora la anumite temperaturi, fără să fie distrusă structura mineralelor.

• ***Apa zeolitică*** se întâlneşte sub formă de molecule în spaţiile reţelei cristaline, formând după cum precizează *R. Ciocârdel*, aşa numita *apă interreţea*. Şi această formă de apă se elimină tot la temperaturi mai mari de 100°C, fără a se distruge reţeaua cristalină.

➢ **Apa legată fizic** este denumită şi **apă de adsorbţie** sau **de adeziune.** Ea se menţine în jurul granulelor de rocă sub influenţa forţelor de atracţie moleculară. Când granulele sunt foarte fine, participă şi forţe electrochimice. Apa legată este de două feluri: ***apă higroscopică*** şi ***apă peliculară***.

• ***Apa higroscopică*** se menţine în jurul granulelor de rocă datorită forţelor de atracţie moleculară. Ea înconjoară granulele de rocă fie sub formă intermitentă, fie într-o formă continuă. Această categorie de apă nu dizolvă sărurile, are greutatea specifică 2,5 şi îngheaţă la temperaturi extrem de scăzute (-78°C). Rocile cu granulaţie foarte fină, cum sunt argilele, sub influenţa apei higroscopice se cimentează. Ea se elimină prin încălzire la temperaturi de 105°C. Granulele de rocă formate din nisipuri foarte fine sunt încărcate în proporţie de 15 – 18% cu apă higroscopică. Nisipurile grosiere şi pietrişurile mărunte au un conţinut mai redus de apă higroscopică (0,5 - 1,2%).

• ***Apa peliculară*** formează un înveliş continuu în jurul granulelor de rocă, menţinut sub acţiunea forţelor electromoleculare. Nici ea nu dizolvă sărurile şi nici nu conduce curentul electric. Are greutatea specifică mai mare de 1. Îngheaţă la temperatura de – 1°C. Apa peliculară se mişcă de pe o granulă pe alta, fără a se afla sub influenţa forţelor gravitaţionale.

2. Apa liberă. Este apa care circulă prin porii rocilor şi prin fisuri sub acţiunea forţelor gravitaţionale şi capilare. Ca urmare, ea se împarte în apă capilară şi apă gravitaţională (sau gravifică).

➢ **Apa capilară** ocupă porii capilari situaţi fie deasupra nivelului piezometric, fie în zona de aerare a unui teren cu roci permeabile. Ea se mişcă pe direcţie verticală sub influenţa tensiunii superficiale şi a forţelor capilare. Apa capilară care se află situată deasupra nivelului piezometric umple porii rocilor în mod continuu şi în întregime în subzona capilară a zonei de aerare. Ea se mai numeşte şi ***apă capilară continuă*** sau ***apă susţinută***. Îngheaţă la diferite temperaturi sub 0°C. Se supune legilor hidraulice şi se elimină din porii rocilor sub influenţa procesului de evaporare. Apa capilară care se formează din infiltrarea apelor meteorice nu umple în totalitate porii rocilor. Are direcţia de mişcare de sus în jos până ajunge la nivelul piezometric. Ea poate rămâne vreme îndelungată în stare suspendată, fapt ce-a făcut să fie denumită ***apă suspendată*** sau ***apă funiculară***.

➢ **Apa gravitaţională** sau **gravifică** este apa care circulă sub forma mişcării laminare în porii rocilor sau sub forma mişcării turbulente prin fisurile acestora. Se deplasează sub influenţa forţei gravitaţionale. Transmite presiune hidrostatică şi participă la dizolvarea rocilor. Ca şi apa capilară, îngheaţă la temperaturi sub 0°C şi fierbe la 100°C.

6.4. DISTRIBUȚIA APELOR SUBTERANE PE VERTICALĂ

Apele din precipitații se infiltrează prin porii și fisurile rocilor până ajung la stratul impermeabil deasupra căruia se acumulează saturând porii rocilor de jos în sus, până ajung la un anumit nivel, numit ***nivel piezometric***. Suprafața stratului permeabil saturat cu apă se numește ***suprafață piezometrică*** sau suprafață freatică. Ea separă două zone cu umiditate sau cu saturație diferită: o zonă superioară sau de aerație și alta inferioară sau de saturație (fig. 6.1.).

➢ **Zona de aerație** se află dispusă între nivelul piezometric și suprafața topografică a reliefului și prezintă o grosime ce variază de la 1 m până la câțiva zeci de metri. În funcție de modul cum este distribuit gradul de umiditate în interiorul ei, se disting, de jos în sus, trei subzone: capilară, intermediară sau de retenție și de evapotranspirație.

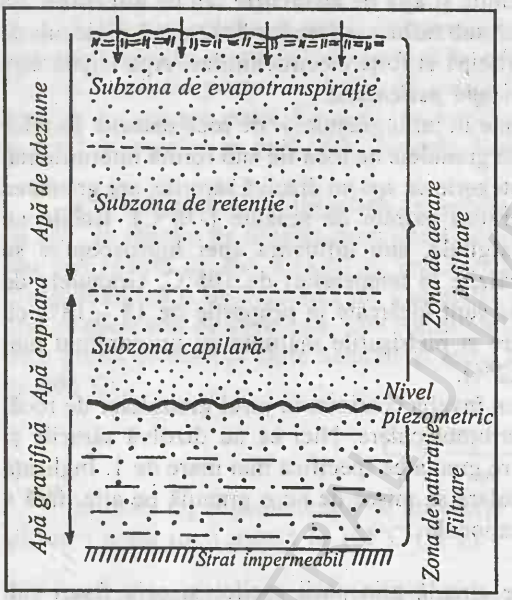


Fig. 6.1. *Distribuția apei subterane pe verticală.*

• ***Subzona capilară*** este situată deasupra zonei de saturație. Grosimea ei variază în funcție de granulometria rocilor permeabile și de fluctuațiile nivelului piezometric. În nisipuri, subzona capilară are o grosime de 30 - 40 cm, iar în argile ajunge până la 200 - 300 cm. Aici circulația apei se face pe principiul capilarității, fiind prezentă apa capilară continuă sau apă susținută. De asemenea, în jurul granulelor de rocă se află apă higroscopică și apă peliculară.

• ***Subzona intermediară*** sau ***de retenție*** se situează la mijlocul zonei de aerație, între subzona de evaporație și cea capilară. Are un grad de umiditate variabil, iar grosimea ei depinde de fluctuațiile nivelului piezometric. Cu cât acesta este mai coborât, cu atât această subzonă are grosimi mai mari, de 10 - 20 m. Dacă nivelul piezometric se află în creștere, grosimea subzonei de retenție scade la 1 - 2 m. Apa care ajunge în această subzonă nu saturează porii rocilor. Ea se prezintă sub formă de apă higroscopică, capilară și peliculară. Apa capilară nu are caracter continuu, ci are un caracter izolat, fapt pentru care poartă numele de apă capilară suspendată sau apă funiculară. Nu are legături hidraulice cu subzona capilară. Apa de retenție nu saturează porii rocilor, de aceea ea nu poate fi folosită de rădăcinile plantelor și nici nu poate alimenta puțurile.

• ***Subzona de evapotranspirație*** reprezintă partea superioară a zonei de aerație. Gradul de umiditate este extrem de variabil, fiind în funcție de cantitatea de apă infiltrată și mai ales, de procesul de evapotranspirație. La o intensificare a acestui proces, plantele pot atinge coeficientul de ofilire. Grosimea acestei subzone variază între 1 și 2 m, adică până la adâncimea la care se poate produce evaporația

solului. Şi în această subzonă se găseşte apă de adeziune formată de apa higroscopică, apa peliculară şi apa capilară suspendată.

➢ **Zona de saturaţie** cuprinde în întregime partea unde porii rocilor sunt saturaţi în proporţie de 100%. Zona de saturaţie reprezintă stratul acvifer propriu-zis sau domeniul apelor subterane de unde puţurile şi izvoarele se alimentează cu apă. Aici se află apă de adeziune (apă higroscopică, apă peliculară), apă capilară şi apă gravitaţională. Zona de saturaţie, în funcţie de sursele de alimentare, împreună cu subzona capilară formează ***zona de fluctuaţie***. În zona de saturaţie sunt caracteristice fenomenele de cimentaţie. Diferite săruri (Ca, Mg) se depun în porii rocilor până realizează cimentarea acestora. Se formează, de fapt, o zonă de cimentaţie.

Apa de infiltraţie pătrunde în scoarţă, probabil, până la adâncimea limită, adică până la 9 - 12 km. Se ştie că cu cât creşte adâncimea, circulaţia apelor se reduce foarte mult întrucât presiunea litostatică acţionează continuu, contribuind la reducerea golurilor şi fisurilor. Totuşi se presupune că apa ajunge în adâncime până la treapta geotermică de 365°C adică până la punctul unde apa se disociază în elementele ei componente.

6.5. CIRCULAŢIA APELOR SUBTERANE

6.5.1. FACTORII CIRCULAŢIEI APELOR SUBTERANE

Deplasarea apelor subterane este un proces deosebit de complex, generat de acţiunea mai multor factori, precum: forţele gravitaţională şi capilară, gradientul hidraulic, permeabilitatea rocilor, compactitatea şi eterogenitatea lor, diferenţele de presiune ş.a. Acţiunea conjugată a acestor factori conduce la apariţia de diferenţe ale potenţialului hidraulic (energetic) al apei subterane care se va deplasa întotdeauna dinspre punctele (zonele) cu potenţial ridicat spre cele cu potenţial redus.

➢ **Forţa gravitaţională** determină circulaţia descendentă a apei în sol (infiltraţia) până la nivelul suprafeţei hidrostatice şi influenţează deplasarea pe orizontală a apei subterane în conformitate cu înclinarea straturilor acvifere şi a suprafeţei piezometrice.

➢ **Forţa capilară** generează circulaţia ascendentă a apei, dinspre nivelul hidrostatic către suprafaţa topografică. Viteza de ascensiune capilară este în relaţie de dependenţă directă cu porozitatea şi inversă cu permeabilitatea rocilor.

➢ **Gradientul hidraulic** indică panta suprafeţei piezometrice sau pierderea de sarcină hidraulică pe unitatea de lungime. Sarcina hidraulică exprimă potenţialul energetic al apei din sol (ce reprezintă suma sarcinilor gravitaţională şi de presiune). În cazul fântânilor (forajelor), sarcina hidraulică (potenţialul energetic) a apei este echivalentă cu altitudinea nivelului piezometric. Gradientul hidraulic se notează cu simbolul I şi se calculează ca raport între diferenţa de sarcină hidraulică (deci de altitudine a nivelului piezometric) a două puncte ($\Delta H = H_1-H_2$) situate pe linia de cea mai mare pantă a suprafeţei piezometrice şi distanţa (L) dintre punctele considerate:

$$I=(H_1-H_2)/L = \Delta H/L.$$

Poate fi exprimat în m/km, ‰ sau poate fi adimensional. În general, mărimea gradienţilor hidraulici este cuprinsă între 50‰ şi 0,03‰ (G. Castany, 1963).

Cu ajutorul relației menționate, gradientul hidraulic se poate determina atât pe teren, cât și în laborator.

Pe teren, se stabilesc prin măsurători altitudinile nivelului piezometric la două fântâni (foraje) și distanța dintre ele (fig. 6.2.A). În laborator se utilizează harta cu izohipse pe care se iau în considerare fie două surse de apă subterană (pentru care se cunosc altitudinile nivelului piezometric și se determină, în funcție de scara reprezentării, distanța dintre ele), fie două izohipse (distanța dintre ele fiind lungimea liniei perpendiculare pe fiecare) (fig. 6.2.B).

Valoarea gradientului hidraulic se mai poate stabili pe cale experimentală, ca raport între presiunea de scurgere sau sarcina sub care se realizează scurgerea (p) și grosimea stratului acvifer (H) (fig. 6.2.C): $I = p/H$.

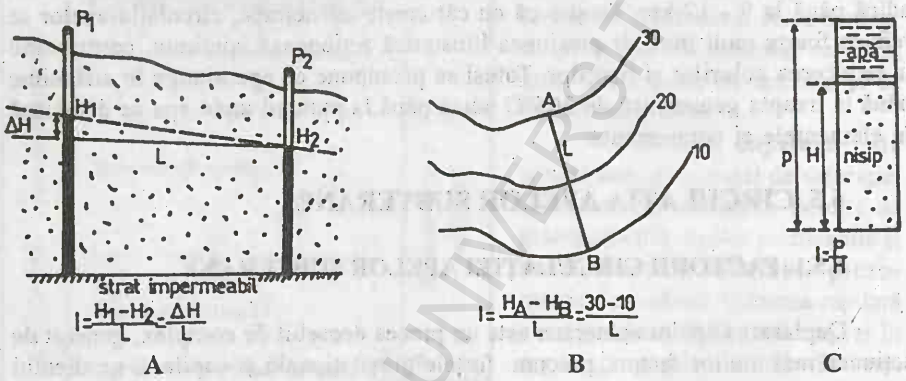


Fig. 6.2. *Determinarea gradientului hidraulic (I): A – pe teren (H_1, H_2 = altitudini ale nivelului piezometric la puțurile P_1 și P_2; L = distanța dintre puțuri; ΔH = diferența de altitudine a nivelului piezometric al puțurilor P_1 și P_2); B – pe harta cu izohipse (A, B = punctele între care se determină gradientul hidraulic; L = distanța dintre punctele A și B; 10, 20, 30 = valori ale izohipselor, în m); C – în laborator, ca raport între presiunea de scurgere sau sarcina sub care se realizează scurgerea (p) și grosimea probei (H).*

➢ **Permeabilitatea rocilor** este o proprietate hidrogeologică cu o influență deosebită asupra infiltrației și circulației apelor subterane (a se vedea 6.2.).

6.5.2. MIȘCAREA LAMINARĂ ȘI TURBULENTĂ A APEI SUBTERANE

Sub acțiunea factorilor menționați anterior, circulația apelor subterane se poate realiza în regim laminar sau turbulent.

➢ **Mișcarea laminară** are loc sub formă de lamele (șuvițe) rectilinii care se deplasează paralel unele cu altele, fără a se amesteca. O astfel de mișcare este specifică mediilor cu porozitate omogenă (*„în mic"*), caracterizate prin pori de dimensiuni mici. Viteza de scurgere este redusă și se determină cu ajutorul legii lui Darcy (a se vedea 6.5.3.).

➢ **Mișcarea turbulentă** se realizează în cuprinsul rocilor cu permeabilitate neomogenă (*„în mare"*) în care particulele de apă se deplasează cu viteze mari și au traiectorii dezordonate, amestecându-se permanent între ele.

Trecerea de la regimul de scurgere laminară la cel turbulent se face o dată cu depăşirea unei viteze critice (V_c), condiţionată de parametrul numit ***numărul lui Reynolds***. Valoarea acestuia se determină experimental. Se consideră că pentru gradienţi hidraulici de 0,05 – 0,0005, curgerea este laminară (G. Castany, 1963).

6.5.3. PRINCIPALII PARAMETRI CE CARACTERIZEAZĂ SCURGEREA APEI SUBTERANE

Pentru caracterizarea scurgerii apelor subterane se utilizează ca principali parametri: viteza de deplasare, debitul de scurgere, debitul unitar.

1. Viteza de scurgere a apelor subterane are caracteristici diferite în funcţie de regimul mişcării. Se exprimă în cm/s, m/s sau m/zi.

➢ În cazul **scurgerii laminare** viteza de deplasare a apei (V) se determină cu ajutorul ***legii lui Darcy***. Pe baza experimentelor efectuate în 1856, H. Darcy a ajuns la concluzia că volumul de apă care traversează o coloană de nisip este proporţional cu sarcina şi invers proporţional cu grosimea coloanei. În aceste condiţii, debitul curentului subteran (Q) este direct dependent de coeficientul de permeabilitate (K), gradientul hidraulic (I) şi suprafaţa secţiunii stratului acvifer (S):

$$Q = KIS.$$

Cum produsul KI reprezintă viteza de scurgere a apei în mediul considerat (V), rezultă că:

$$Q = VS,$$

de unde:

$$V = Q/S$$ (una din formele *legii lui Darcy*).

Legea lui Darcy este valabilă într-un mediu omogen şi izotrop şi în cazul unui strat impermeabil orizontal.

Viteza determinată cu ajutorul legii lui Darcy (numită şi „viteza lui Darcy") este o **viteză aparentă**, nu reală, deoarece suprafaţa care s-a considerat pentru calcularea ei cuprinde granulele de rocă în ansamblul lor, iar apa circulă numai prin porii deschişi, care dau porozitatea eficace sau efectivă (p_e). Între **viteza reală** (Vr) numită şi viteză lineară medie şi cea aparentă (V) există următoarea legătură:

$$V_r = V/p_e.$$

Porozitatea eficace (exprimată în procente) este echivalentă coeficientului de înmagazinare şi este dată de raportul dintre volumul de apă gravitaţională şi volumul total al rocii magazin care o conţine.

Înlocuind în formula de calcul al vitezei reale viteza aparentă cu expresia ei din formula lui Darcy, rezultă:

$$V_r = \frac{Q}{Sp_e} = \frac{KI}{p_e},$$

în care: V_r = viteza reală de scurgere a apei subterane; Q = debitul de scurgere a apei subterane; p_e = porozitatea eficace; S = suprafaţa secţiunii de scurgere; K = coeficientul de permeabilitate; I = gradientul hidraulic.

Viteza reală (V_r) poate fi determinată direct pe teren cu ajutorul trasorilor de diferite tipuri, raportând distanța parcursă de trasorii introduși într-o sursă de apă (D) la timpul (T) de parcurgere a distanței respective: $V_r = D/T$.

➢ În **regim turbulent**, viteza de scurgere (V) este exprimată de relația (G. Castany, 1963):

$$V = K\sqrt{I} \text{ sau } V = K\, I^{1/2},$$

unde: K = coeficient de permeabilitate; I = gradient hidraulic.

2. Debitul de scurgere a apei subterane (Q, în m^3/s) reprezintă cantitatea de apă ce traversează o secțiune a unui strat acvifer (S, în m^2) perpendiculară pe direcția de scurgere, în unitatea de timp (secunda).

➢ În **regim laminar de scurgere**, debitul (Q) este dat de expresia legii lui Darcy, ca produs între viteza de scurgere (V) și suprafața secțiunii (S):

$$Q = VS.$$

Cum viteza V este obținută și în funcție de coeficientul de permeabilitate (K) și gradientul hidraulic (I), ca produs al lor (V = KI), rezultă că:

$$Q = KIS.$$

Secțiunea stratului acvifer este însă un dreptunghi (fig. 6.3.) a cărui suprafață (S) este produsul dintre lungimea secțiunii (L) și înălțimea sau grosimea stratului (H): S = LH. Prin urmare, rezultă:

$$Q = KILH.$$

Dacă se consideră transmisivitatea (T), debitul de scurgere (Q) se poate determina din înmulțirea acesteia cu gradientul hidraulic (I) și lungimea secțiunii (L):

$$Q = TIL.$$

Utilizând viteza reală de scurgere (V_r) se obține valoarea debitului real (Q_r), cu ajutorul relației:

$$Q_r = V_r S p_e.$$

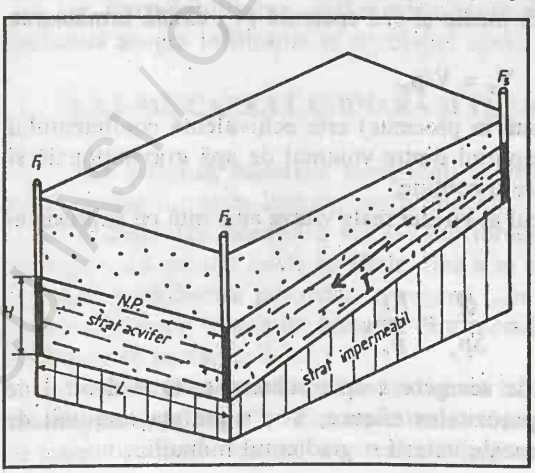


Fig. 6.3. *Secțiunea unui strat acvifer și elementele necesare calculului debitului de apă.*
H = grosimea stratului acvifer;
I = gradientul hidraulic;
L = lățimea stratului acvifer;
N.P. = nivelul piezometric;
F_1, F_2, F_3 = foraje.

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITAR

➢ Pentru **mişcarea turbulentă**, debitul curentului subteran se calculează pe baza formulei:

$$Q = VS = KI^{1/2}S,$$

în care: V = viteza scurgerii în regim turbulent; S = suprafaţa secţiunii; I = gradientul hidraulic.

3. Debitul unitar de scurgere (q) reprezintă cantitatea de apă ce traversează într-o unitate de timp (secundă) o unitate de dimensiune a secţiunii stratului acvifer (suprafaţă – S; grosime – H; lungime – L):

$$q = Q/S = Q/H = Q/L.$$

Se exprimă în $m^3/s/m^2$ sau în $m^3/s/m$.

Înlocuind debitul cu relaţia sa de calcul (Q = KIS sau Q = KILH), rezultă pentru debitul unitar:

$$q = KI; \; q = KIH; \; q = KIL.$$

Produsul KH reprezintă, însă, transmisivitatea (T) unui strat acvifer liber şi prin urmare, debitul unitar al unui asemenea strat se poate obţine şi din relaţia:

$$q = TI.$$

Frecvent utilizată în practica hidrogeologică este relaţia q = Q/S. Debitul unitar q astfel obţinut se mai numeşte **debitul specific al lui Darcy.** El este echivalentul vitezei de filtraţie în regim laminar (q = Q/S = V).

6.5.4. DIRECŢIA DE SCURGERE A APEI SUBTERANE

Direcţia de scurgere a apei subterane se poate stabili atât pe teren, cât şi în cabinet, utilizând diferite metode şi procedee.

➢ **Pe teren**, cea mai folosită metodă este ***marcarea cu trasori.*** Trasorii sunt reprezentaţi prin diferite substanţe care se lansează (injectează) în stratul acvifer (prin unul sau mai multe puţuri) şi este urmărită apariţia lor în surse de apă subterană din împrejurimi, stabilindu-se astfel direcţia curentului subteran. Trasorii trebuie să îndeplinească mai multe condiţii, dintre care cele mai importante sunt: să fie detectabili cu uşurinţă şi să nu producă reacţii chimice cu sărurile dizolvate în apă sau cu rocile cu care vin în contact; să nu fie uşor adsorbite de către aceste roci; să fie inofensive pentru plante, animale, om şi să nu contamineze chimic stratul acvifer.

În practică pot fi utilizate mai multe tipuri de trasori:

- ***solizi*** (drojdie de bere, pleavă de ovăz, tărâţe, confeti ş.a.), detectabili pe cale optică;
- ***chimici solubili***, reprezentaţi prin cloruri (NaCl, $CaCl_2$, LiCl etc.) şi alte substanţe (bicromat de sodiu, nitrit de sodiu ş.a.) detectabile prin analize chimice sau prin măsurarea conductivităţii electrice;
- ***coloranţi*** (fluoresceină, fuxină, albastru de metil, uranină etc.) care se identifică cu ochiul liber sau cu dispozitive speciale (frecvent utilizată este fluoresceina, un praf de culoare cărămizie, care conferă apei culoarea verde);

- *izotopi naturali* sau *stabili* (deuteriu, oxigen-18, carbon-13, sulf-34, azot-15) şi *radioactivi* (tritiu, carbon-14 ş.a.); prezenţa izotopilor naturali se identifică pe bază de analize speciale, iar a celor radioactivi, prin măsurarea radioactivităţii terenului, cu detectoare speciale;
- *bacteriologici*, reprezentaţi prin bacteriofage (virusuri ce se hrănesc cu bacterii). Această tehnică a fost dezvoltată în ultimii ani la Universitatea din Neuchâtel (Elveţia). Identificarea bacteriofagelor în probele de apă se realizează în laborator.

Metoda marcării cu trasori este utilizată şi pentru determinarea vitezei reale de deplasare a apei subterane (V) ca raport între distanţa (D) dintre sursa de lansare a trasorului şi cea de identificare a prezenţei sale şi timpul (T) de parcurgere a distanţei respective: V = D/T.

➢ **În cabinet**, pentru determinarea direcţiei de curgere a apelor subterane se utilizează procedeul geometric şi hărţile cu izohipse.

- ***Procedeul geometric*** presupune considerarea pe un plan a trei fântâni (foraje), situate sub forma unui triunghi, la care se cunosc altitudinile nivelului piezometric (N.P.). Dacă cele trei surse au aceeaşi atitudine a N.P., nu se poate vorbi despre o direcţie de scurgere.

Când două din cele trei surse au altitudini egale ale N.P., direcţia de scurgere a apei subterane este dată de perpendiculara dusă din puţul cu altitudine diferită pe dreapta care uneşte puţurile cu aceeaşi cotă a N.P. şi este orientată dinspre altitudinile mari spre cele mici (fig. 6.4. A).

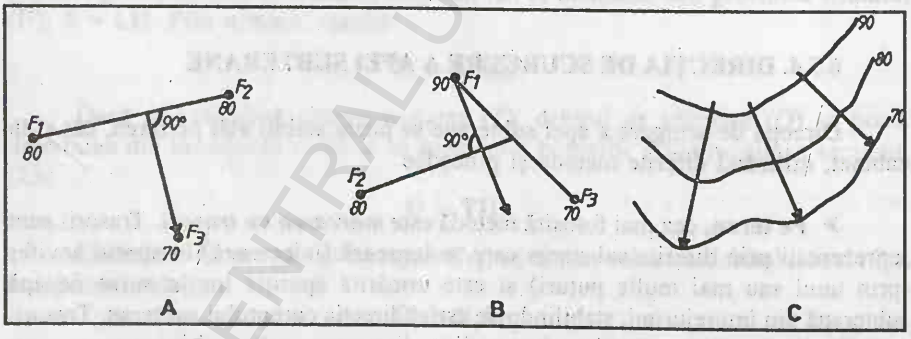


Fig. 6.4. *Determinarea direcţiei curentului subteran: A, B – prin procedeul geometric, când două din trei foraje au aceeaşi altitudine a nivelului piezometric (A) şi când cele trei foraje au altitudini diferite ale nivelului piezometric (B); C – pe baza hărţilor cu izohipse prin trasarea de săgeţi perpendiculare pe izolinii, orientate dinspre altitudinile mari spre cele mici.*

În situaţia în care *sursele au cote diferite ale N.P.*, direcţia de scurgere a apelor subterane se stabileşte astfel: se unesc printr-o dreaptă sursele cu altitudini extreme ale N.P. şi se determină prin interpolare pe dreapta trasată punctul cu cotă egală cu cea a sursei a treia; punctul astfel determinat se uneşte cu sursa a cărei altitudine a N.P. este egală cu valoarea sa. Direcţia de scurgere a apei subterane este indicată de perpendiculara coborâtă din puţul cu altitudine maximă a N.P. pe dreapta care uneşte punctele cu cote egale ale N.P. şi este orientată dinspre altitudinile mari spre cele mici (fig. 6.4.B).

• ***Pe hărţile cu izohipse*** sau ***echipotenţiale*** direcţiile de scurgere a apei subterane corespund liniilor de cea mai mare pantă şi sunt reprezentate de săgeţi perpendiculare pe izohipse îndreptate dinspre izohipsele cu valori mari spre cele cu valori reduse (fig. 6.4.C).

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care este originea apelor subterane?*
2. *Care sunt principalele teorii privitoare la originea apei subterane?*
3. *Să se enumere principalele proprietăţi hidrogeologice ale rocilor.*
4. *Care este diferenţa între porozitatea totală şi cea eficace?*
5. *Să se clasifice rocile din punct de vedere al porozităţii.*
6. *Ce este permeabilitatea şi de câte feluri poate fi?*
7. *Ce categorii (tipuri) de apă pot fi întâlnite în porii şi interstiţiile rocilor?*
8. *Să se realizeze schema distribuţiei apei subterane deasupra primului orizont impermeabil.*
9. *Ce este gradientul hidraulic, cum se determină şi ce importanţă prezintă cunoaşterea sa?*
10. *Care este diferenţa între mişcarea laminară şi cea turbulentă a apei subterane?*
11. *Care sunt principalii parametri cu ajutorul cărora poate fi caracterizată scurgerea apei subterane?*
12. *Cum se determină direcţia de scurgere a apei subterane pe teren şi în cabinet?*

---

7. STRATURILE ACVIFERE

7.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Apa care se infiltrează în scoarţa terestră circulă pe verticală prin porii rocilor permeabile, până ajunge la stratul impermeabil de unde începe să se acumuleze, de jos în sus, saturând în totalitate porii rocilor până la un anumit nivel. Rocile care sunt saturate cu apă poartă numele de roci acvifere, iar orizonturile alcătuite din asemenea roci formează ***straturile acvifere***. Ele sunt situate la diferite

adâncimi în scoarţa terestră şi sunt limitate la partea superioară de nivelul piezometric (hidrostatic sau freatic), iar la cea inferioară de un strat impermeabil.

După situaţia geologică şi particularităţile pe care le prezintă, se diferenţiază două tipuri principale de straturi acvifere: libere (freatice) şi captive (de adâncime).

La un strat acvifer pot fi distinse trei zone caracteristice şi anume: ***zona de alimentare***, ***zona de dezvoltare*** şi ***zona de descărcare*** sau ***de drenare***. În cazul straturilor acvifere freatice, zona de alimentare coincide cu cea de dezvoltare, iar zona de descărcare se află la cota cea mai joasă a stratului acvifer (frecvent coincide cu lunca râurilor). Zona de alimentare şi zona de dezvoltare au extinderea cea mai mare, iar partea lor superioară constituie suprafaţa topografică a reliefului, locul prin care se infiltrează apele meteorice (fig. 7.1.).

Fig. 7.1. *Strat acvifer freatic, cu nivelul piezometric şi cele trei zone caracteristice.*

Stratul acvifer captiv prezintă cele trei zone bine diferenţiate (fig. 7.2.). Zona de alimentare o formează porţiunea în care stratul acvifer captiv, alcătuit din roci permeabile, intră în contact direct cu suprafaţa terenului. Se află, de regulă, la cea mai mare cotă altimetrică, iar prin această zonă stratul acvifer se alimentează cu apa din precipitaţii. Zona de dezvoltare este alcătuită tot din roci permeabile (nisipuri, pietrişuri) şi se află intercalată între două straturi cu roci impermeabile.

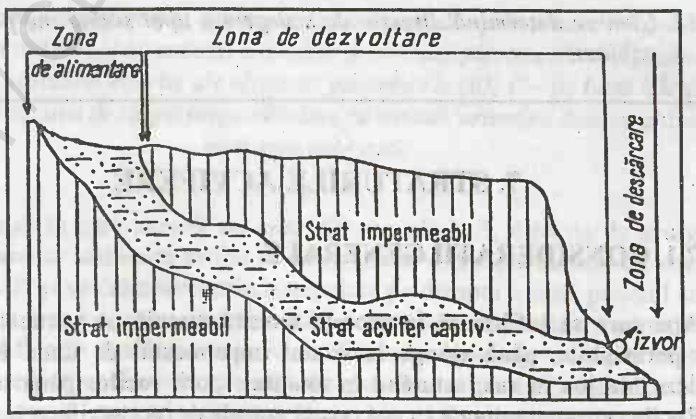


Fig. 7.2. *Strat acvifer captiv cu reprezentarea celor trei zone caracteristice.*

Zona de descărcare se află la o cotă altimetrică mult mai scăzută față de cele două zone menționate.

7.2. STRATURILE ACVIFERE LIBERE (FREATICE)

7.2.1. CARACTERISTICI GENERALE

Straturile acvifere freatice sau libere se formează pe terenurile permeabile (alcătuite îndeosebi din nisipuri și pietrișuri), prin acumularea apei (ce saturează porii rocilor) deasupra primului orizont impermeabil. Sunt limitate la partea superioară de nivelul freatic, iar la cea inferioară de stratul de roci impermeabile. Ele sunt frecvent folosite pentru alimentarea cu apă a populației, prin intermediul puțurilor și forajelor.

Circulația apelor în straturile acvifere libere se realizează sub influența gradientului hidraulic și a presiunii piezometrice. Suprafața piezometrică este influențată de configurația topografică a reliefului. În acest context, nivelul piezometric urmărește, în general, aproape cu fidelitate variația reliefului. Se poate întâmpla însă ca nivelul piezometric să comporte anumite modificări în urma activității antropice. În cazul în care pe terenul alcătuit din roci permeabile se sapă un canal, nivelul piezometric va coborî până la nivelul apei din canal (fig. 7.3.). Dacă într-o anumită zonă se amenajează un lac de acumulare, acesta va conduce la ridicarea nivelului piezometric până în dreptul suprafeței lacustre (fig. 7.4.).

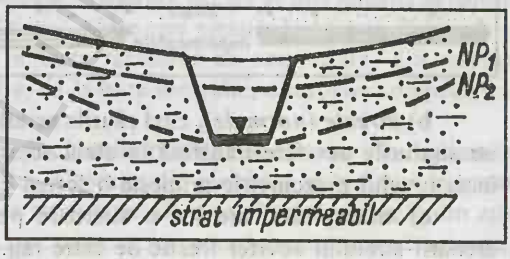


Fig. 7.3. *Modificarea nivelului piezometric ca urmare a săpării unui canal (NP_1 – nivelul inițial; NP_2 – nivelul după realizarea canalului).*

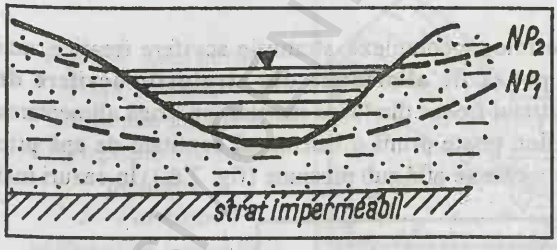


Fig. 7.4. *Schimbarea nivelului piezometric după amenajarea unui lac de acumulare (NP_1 – nivelul inițial; NP_2 – nivelul ridicat după acumularea apei).*

Suprafața piezometrică poate prezenta o morfologie cu aspect concav, convex sau în trepte ca urmare a influenței exercitate de configurația straturilor impermeabile, de sursele de alimentare, de morfologia reliefului.

7.2.2. ALIMENTAREA STRATURILOR ACVIFERE FREATICE

Straturile acvifere freatice se pot alimenta din surse diferite: din apa meteorică, din condensarea vaporilor, din sursele superficiale (râuri, lacuri, apa gheţarilor) sau din surse artificiale.

➢ **Alimentarea din apa meteorică** se face direct de la suprafaţa topografică prin infiltraţie, apa acumulându-se deasupra primului orizont impermeabil. Nivelul piezometric prezintă variaţii periodice, în funcţie de cantitatea de precipitaţii căzute.

➢ **Alimentarea din sursele superficiale** (râuri, lacuri) este specifică, mai ales, straturilor acvifere alcătuite din aluviuni situate, de obicei, în luncile râurilor. Între apa râurilor şi straturile freatice se pot realiza mai multe tipuri de ***legături*** (numite ***hidraulice***) şi anume:

a) ***inverse***, când debitul de apă care îl tranzitează râul este bogat şi o anumită cantitate de apă este transferată din albia minoră în stratul acvifer din luncă, făcând ca nivelul piezometric să crească, iar suprafaţa piezometrică să prezinte o formă, aproximativ convexă (fig. 7.5. A şi B);

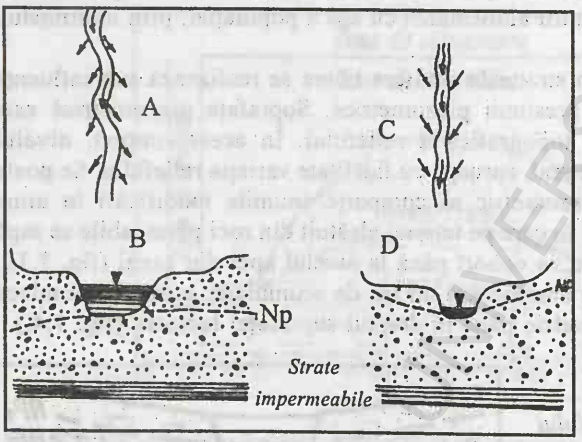


Fig. 7.5. *Relaţiile dintre apa râurilor şi straturile acvifere. A, B – râul alimentează stratul acvifer, în perioadele cu debite bogate (albie redată în plan – A şi în profil transversal - B); C, D – râul este alimentat din stratul acvifer, în perioadele cu umiditate deficitară (albie redată în plan – C şi în profil transversal - D).*

b) ***directe (normale)***, când râurile se află în condiţii de umiditate deficitare, iar straturile acvifere transferă în albia acestora o anumită cantitate de apă, aşa încât nivelul piezometric primeşte o formă cu aspect concav (fig. 7.5. C şi D);

c) ***mixte***, când are loc o alternare pe cele două maluri a alimentării şi drenării stratului acvifer freatic de către râu.

În unele regiuni, cu o morfologie complexă, straturile acvifere freatice, mai ales cele din luncile râurilor, pot să fie **alimentate din straturile acvifere de adâncime**. Există situaţii când stratul freatic din lunca râurilor, pe lângă alimentarea din precipitaţii şi din apa râurilor, poate primi o însemnată cantitate de apă prin transfer din stratul acvifer captiv care se află sub presiune (fig. 7.6.). În cazuri mai

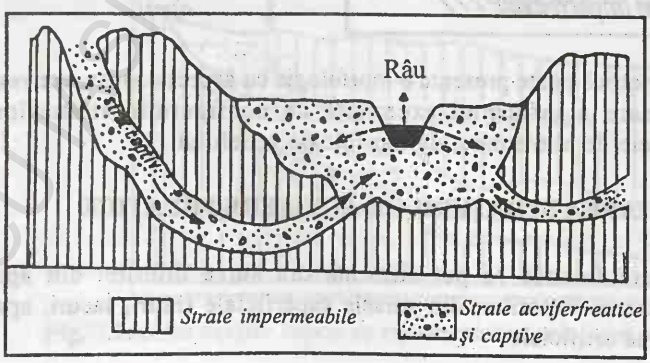


Fig. 7.6. *Alimentarea stratului acvifer freatic de luncă din straturile captive.*

rare, dar totuşi posibile, straturile acvifere freatice dispuse peste formaţiuni calcaroase ce cuprind fisuri prin care circulă apă sub presiune, pot fi alimentate din apele de adâncime carstice.

➢ Acviferul freatic mai poate fi **alimentat şi pe cale artificială**, prin intermediul, de exemplu, al unui canal de apă de unde, în mod direct sau prin amenajări speciale, se poate asigura infiltrarea apei. În felul acesta, chiar dacă se exploatează din puţuri apa, nivelul se menţine constant sau poate să crească (fig. 7.7.).

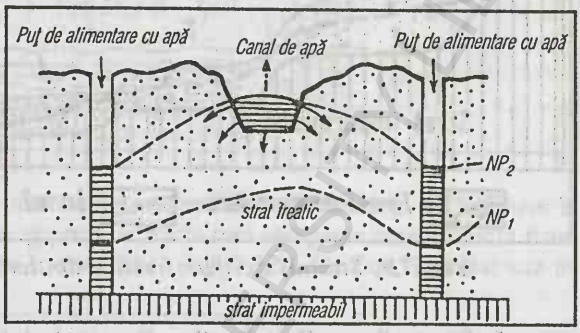


Fig. 7.7. *Strat acvifer freatic alimentat dintr-un canal de apă (NP_1 – nivelul iniţial; NP_2 – nivelul după realizarea canalului).*

7.2.3. TIPURI DE STRATURI ACVIFERE FREATICE

În funcţie de litologia şi morfologia terenurilor în care se află situate, straturile acvifere freatice pot fi de mai multe tipuri, dintre care menţionăm: straturile acvifere freatice din luncile râurilor, de la baza teraselor de acumulare, din zonele interfluviale, din conurile de dejecţie, de la baza loessului, din rocile compacte cu fisuri largi şi din zonele litorale marine.

1. Straturile acvifere freatice din luncile râurilor se formează în depozitele aluvionare din albia majoră a râurilor, alcătuite din pietrişuri şi nisipuri, precum şi din mâluri fine (fig. 7.8.). Aceste straturi acvifere se alimentează atât din apa

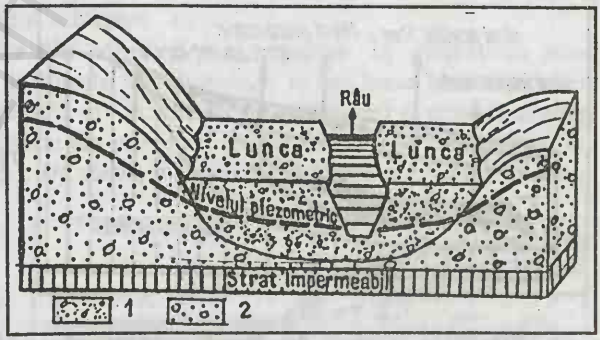


Fig. 7.8. *Strat acvifer freatic în depozite aluvionare de luncă. 1 – Depozite aluvionare de luncă; 2 – Formaţiuni sedimentare permeabile.*

meteorică cât şi din apa râurilor, când au niveluri şi debite crescute. În perioadele de secetă, când râurile înregistrează importante scăderi de debit, atunci acestea se alimentează din acviferul freatic.

Datorită caracteristicilor hidrogeologice ale rocilor magazin şi alimentării bogate, straturile acvifere din lunci cantonează importante cantităţi de apă, în general de bună calitate, care prin exploatare pot fi folosite în alimentarea aşezărilor omeneşti şi a diferitelor activităţi economice.

2. Straturile acvifere freatice din terasele de acumulare sunt cantonate în formațiunile sedimentare psefitice (prundișuri, pietrișuri, bolovănișuri) și psamitice (nisipuri) din alcătuirea acestora (fig. 7.9.). Ca și cele din lunci, straturile acvifere din cuprinsul teraselor conțin importante rezerve de apă, de bună calitate, ce sunt utilizate în alimentarea așezărilor și a obiectivelor economice.

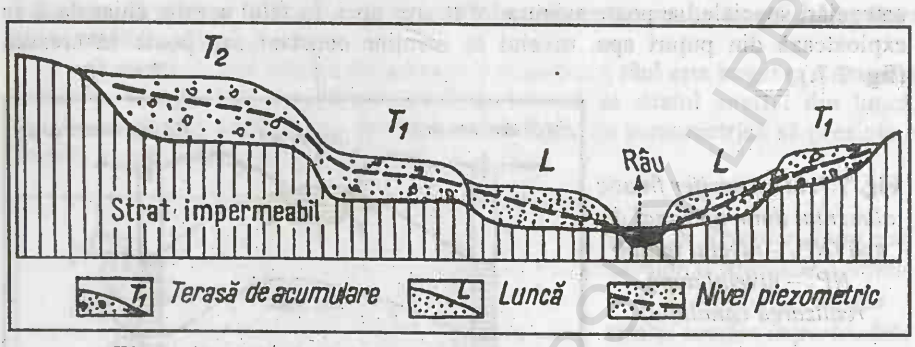


Fig. 7.9. *Straturi acvifere freatice din terasele de acumulare.*

3. Straturile acvifere freatice din zonele interfluviale se alimentează din precipitații, iar nivelul piezometric se găsește la adâncimi mari. Au extindere mai mare în regiunile de câmpie, dar sunt prezente și în cele deluroase și, mai rar, montane.

4. Straturile acvifere din conurile de dejecție. Structura conurilor de dejecție poate fi destul de complexă datorită depozitelor foarte variate care intră în alcătuirea lor (bolovănișuri, pietrișuri, nisipuri, argile etc.). De aceea, în conurile de dejecție pot fi întâlnite atât straturi acvifere libere (situate la suprafață), cât și straturi acvifere captive, plasate la partea lor inferioară sau între lentile de formațiuni impermeabile (fig. 7.10). Ele se alimentează din precipitațiile care cad direct pe suprafața lor, dar și din apele organismelor torențiale sau fluviatile care au generat aceste conuri.

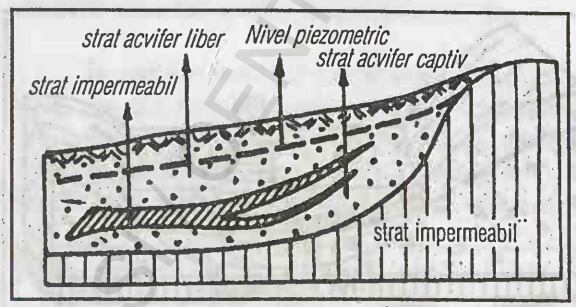


Fig. 7.10. *Straturi acvifere freatice și captive în depozitele unui con de dejecție.*

Straturile acvifere din conurile de dejecție constituie importante surse de alimentare cu apă a populației și activităților economice.

5. Straturile acvifere de la baza loessului se formează deasupra stratului impermeabil de ***lehm*** (rocă sedimentară rezultată prin dizolvarea carbonatului de calciu din depozitele de loess) (fig. 7.11). Nivelul piezometric al acestor straturi este situat la mari adâncimi, frecvent de peste 20 m. La noi în țară, astfel de acvifere sunt caracteristice în Câmpia Bărăganului și în Dobrogea. Apa din cuprinsul lor prezintă o mineralizare mai mare și o duritate pronunțată.

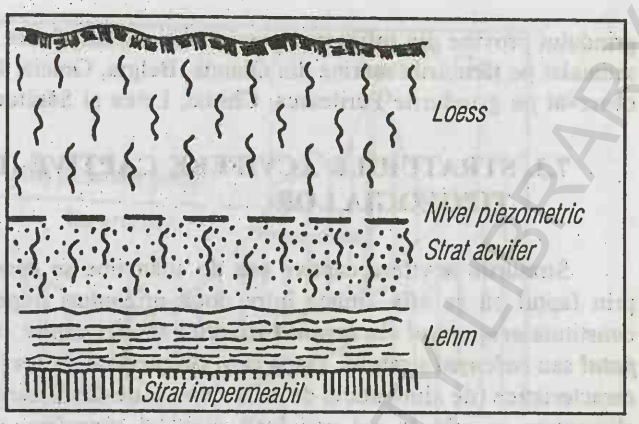


Fig. 7.11. *Strat acvifer freatic de la baza loessului*

6. Straturile acvifere din rocile compacte cu fisuri largi se întâlnesc în rocile calcaroase, în dolomite, gipsuri, adică în roci compacte care prezintă fisuri şi goluri prin care circulă apa în mod liber (fig. 7.12.). De fapt, în acest caz nu

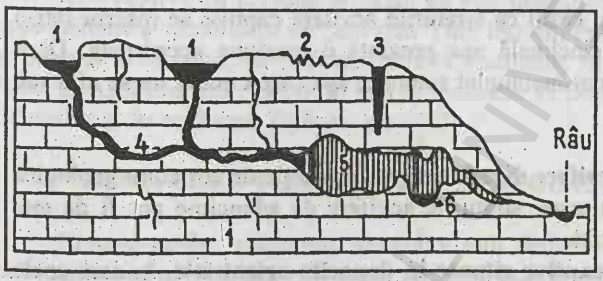


Fig. 7.12. *Circulaţia liberă a apei în formaţiuni calcaroase: 1 – doline; 2 – lapiezuri; 3 – aven; 4 – galerii; 5 – peşteră; 6 – lac subteran.*

se poate vorbi de straturi acvifere propriu-zise, ci de o cantitate de apă care intră în circulaţie prin fisuri şi care, datorită încărcării cu dioxid de carbon, participă la dizolvarea rocilor. Prin acest proces în interiorul masei de calcar iau naştere caverne, grote, peşteri, canale subterane, etc.

7. Straturile acvifere din zonele litorale marine. În vecinătatea zonei litorale marine, în funcţie de sursele de alimentare, se întâlnesc straturi acvifere freatice cu apă sărată (alimentate din infiltrarea apei de mare) şi straturi acvifere freatice cu apă dulce (alimentate din precipitaţii), care în anumite situaţii pot pluti peste apele sărate (fig. 7.13.). De aceea, puţurile care se sapă mai adânc în stratul

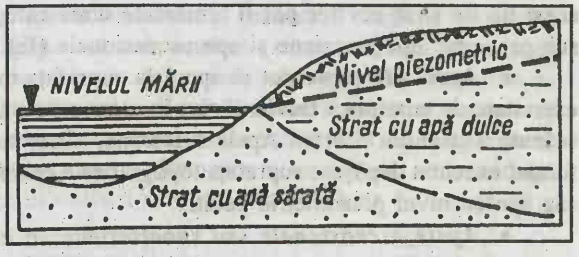


Fig. 7.13. Straturi acvifere cu ape dulci şi sărate în zona litorală marină.

acvifer, pot la un moment dat să primească apă sărată, devenind în felul acesta impracticabile. De asemenea, în grindurile marine pot să apară lentile de apă dulce care plutesc pe apa sărată de origine marină. Apa dulce care îmbibă nisipurile

grindului provine din infiltrarea precipitațiilor atmosferice. Aceste fenomene s-au semnalat pe țărmurile marine din Olanda, Belgia, Grecia, Bulgaria, iar la noi s-au observat pe grindurile Peritеasca, Chituc, Letea și Sărăturile.

7.3. STRATURILE ACVIFERE CAPTIVE (DE ADÂNCIME) ȘI TIPOLOGIA LOR

Straturile acvifere captive sau de adâncime se deosebesc de cele freatice prin faptul că se află situate între două orizonturi impermeabile: cel superior constituie ***acoperișul*** sau ***tavanul*** stratului acvifer captiv, iar cel inferior formează ***patul*** sau ***culcușul*** stratului. După cum am precizat, la aceste straturi cele trei zone caracteristice (de alimentare, de dezvoltare și de descărcare) sunt distinct. Zona de alimentare se află la cel mai înalt nivel al suprafeței topografice, iar cea de descărcare la altitudini mai reduse. Din acest motiv, apa care circulă prin stratul acvifer captiv se află, de obicei, sub presiune. Intensitatea presiunii depinde de gradul de saturare a stratului acvifer, precum și de înclinarea lui. Dacă straturile acvifere captive prezintă o formă cvasiorizontală și o saturare completă, atunci apa are o presiune slabă. În cazul că straturile acvifere captive se înscriu într-o structură monoclinală sau sinclinală apa prezintă o presiune accentuată. Dacă straturile acvifere captive sunt incomplet saturate, apa care circulă nu se află sub presiune.

Tipuri de straturi acvifere de adâncime. În funcție de structura geologică a terenurilor în care sunt situate, straturile acvifere de adâncime pot fi de mai multe tipuri. Se disting, astfel:

➢ **straturi acvifere captive situate în depozite orizontale**, în care apele care circulă sunt, de regulă, lipsite de presiune. Se află răspândite în bazinul Transilvaniei și Podișul Moldovei.

➢ **straturi acvifere captive din depozite monoclinale**, în cuprinsul cărora apele au o presiune mai mare, generată de altitudinea mai ridicată a zonei de alimentare față de cea de descărcare. Ca exemplu pot fi date unele regiuni din Podișul Moldovei și din Podișul Getic.

➢ **straturi acvifere captive din structurile cutate (sinclinale sau anticlinale).**

Straturile acvifere cantonate în sinclinale se alimentează din zona în care se află flancurile sinclinalului, iar apa în stratul acvifer se prezintă sub presiune. În acest tip de strat acvifer pot fi remarcate două categorii de ape subterane aflate sub presiune: ape arteziene și ape ascensionale (fig. 7.14.).

- ***Apele arteziene*** pot să apară la suprafața terenului în urma unei acțiuni exercitate de eroziunea fluviatilă sau în urma executării unui foraj la cota cea mai scăzută a stratului acvifer. Apele subterane, aflate sub o puternică presiune, prin forajul executat depășesc suprafața topografică a reliefului, formând apele arteziene sau ape cu nivel piezometric pozitiv.
- ***Apele ascensionale*** sau ***subarteziene*** se întâlnesc în situațiile în care forajul este executat la o cotă superioară zonei de alimentare a stratului acvifer captiv. Apa aflată sub presiune se ridică în foraj până la nivelul zonei de alimentare, fără să depășească însă suprafața topografică a reliefului. În acest caz, nivelul piezometric este negativ.

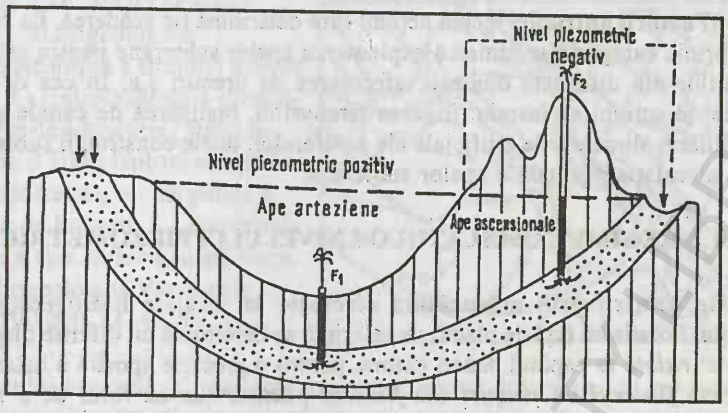


Fig. 7.14. *Strat acvifer captiv în structură sinclinală cu ape arteziene şi ascensionale.*

Ape captive cu caracter artezian au fost identificate în regiunea Artois (de unde provine şi denumirea de „artezian") din bazinul Parizian, în bazinul Londrei, în bazinul Donețului, în Spania, Câmpia Panonică, în Dakota şi Nebraska din SUA, în Australia etc.. La noi în țară se întâlnesc în Depresiunea Huedin, Bazinul Beiuşului şi în regiunea Zalăului ş.a.

7.4. NIVELUL PIEZOMETRIC ŞI REGIMUL SĂU DE VARIAȚIE

Nivelul apelor subterane, cunoscut sub denumirea de nivel piezometric, hidrostatic sau nivel freatic (în cazul apelor freatice) reprezintă poziția suprafeței libere a apei subterane în raport cu un plan orizontal ce trece printr-un reper fix de la suprafața terestră.

7.4.1. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ OSCILAȚIA NIVELULUI PIEZOMETRIC

Poziția nivelului piezometric (N.P.) este variabilă în timp şi spațiu ca urmare a acțiunii unui ansamblu de factori naturali şi antropici. În categoria factorilor naturali un rol esențial revine celor meteorologici şi hidrologici.

➢ Dintre **elementele meteorologice** se impun ***precipitațiile*** care constituie principala sursă de alimentare a apelor subterane şi generează oscilații temporare ale acestora, remarcabile la diferite scări de analiză (zilnică, lunară, sezonieră, anuală şi multianuală). ***Evapotranspirația*** determină coborârea N.P. Acțiunea sa afectează îndeosebi apele freatice situate la adâncimi reduse şi este mai importantă în regiunile aride. Intensitatea evapotranspirației este influențată de ***temperatura aerului*** şi de ***viteza vântului***. Tot în categoria factorilor meteorologici se încadrează şi ***presiunea atmosferică*** ale cărei variații sunt reflectate în sens invers de către N.P.

➢ **Factorii hidrologici** sunt reprezentați, în principal, prin scurgerea râurilor. Între apa acestora şi cea freatică din depozitele aluviale se pot realiza, după cum am precizat, mai multe tipuri de legături hidraulice: ***directe (normale), inverse şi mixte*** (a se vedea 7.2.2.).

➢ **Factorii antropici** includ acţiuni care determină fie scăderea, fie creşterea N.P. În prima categorie se remarcă exploatarea apelor subterane pentru asigurarea necesităţilor din diferitele domenii, efectuarea de drenuri ş.a. În cea de-a doua categorie de acţiuni se înscriu: irigarea terenurilor, realizarea de canale şi lacuri de acumulare, alimentările artificiale ale acviferelor, unele construcţii subterane ce barează circulaţia normală a apelor subterane.

7.4.2. REGIMUL OSCILAŢIILOR NIVELULUI PIEZOMETRIC

Este urmărit prin **măsurători** efectuate la forajele hidrogeologice de observaţie. Poziţia sa faţă de planul de referinţă se determină cu diferite dispozitive şi aparate: ***rulete*** la capătul benzii cărora, pentru o precizie sporită a măsurătorii, se ataşează ***fluierul cu ringuri*** sau ***fluierul plutitor*** (ce au rolul de a semnala momentul atingerii suprafeţei apei subterane); ***limnigraful*** (care înregistrează continuu oscilaţiile nivelului piezometric); ***dispozitive electrice, sonde piezometrice***.

Măsurarea nivelurilor în forajele de observaţie se realizează o dată la trei zile, iar rezultatele obţinute se înscriu în carnete speciale lunare. Pe baza valorilor astfel determinate, prin **prelucrare** se obţin ***nivelurile caracteristice lunare (medii, maxime şi minime)*** şi ***nivelurile caracteristice anuale (media anuală, maxima anuală şi minima anuală)***. Datele asupra nivelurilor apelor subterane de la un foraj sau post hidrogeologic, prezentate sub formă tabelară sunt incluse, alături de alte date hidrogeologice determinate într-un an în reţeaua hidrogeologică, în ***Anuarul hidrogeologic***.

Pentru analiza **variaţiilor temporale ale N.P.** se utilizează frecvent ***hidrografele***. Ele se construiesc în sisteme de axe rectangulare, în care pe abscisă se reprezintă timpul (în zile, luni, ani), iar pe ordonată nivelurile apei subterane (zilnice, medii, maxime sau minime lunare, medii, maxime sau minime anuale) (fig. 7.15.). În analiza frecvenţei de producere a anumitor niveluri şi a duratei acestora se utilizează graficele de frecvenţă şi de durată a nivelurilor.

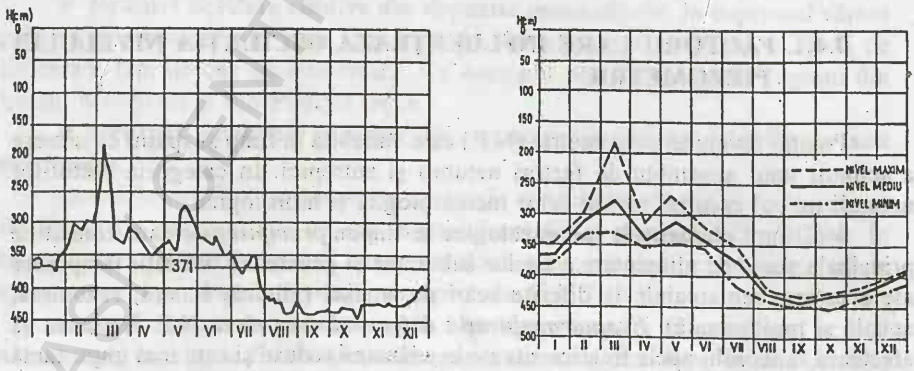


Fig. 7.15. *Hidrografe care redau variaţiile zilnice (A) şi lunare (B) ale nivelului piezometric.*

În ceea ce priveşte **variaţia spaţială a N.P.** şi caracteristicile suprafeţei piezometrice, acestea sunt relevate de aspectul hidroizohipselor (izohipselor) şi hidroizobatelor (izobatelor) (fig. 7.16.).

➢ ***Izohipsele*** sunt linii de egală altitudine a N.P. (în cazul apelor de adâncime se mai numesc *izopieze*). Întrucât izohipsele corespund liniilor de egală valoare a

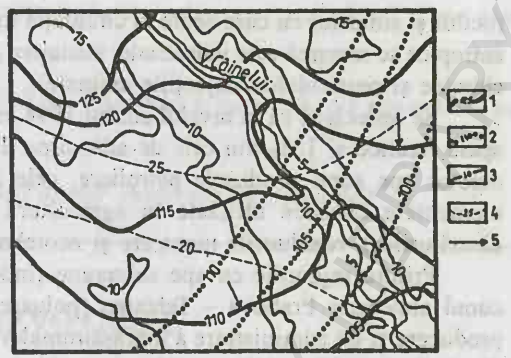


Fig. 7.16. *Schiță de hartă hidrogeologică.*
1 – Hidroizohipsă a stratului acvifer freatic; 2 - Hidroizohipsă a stratului acvifer de adâncime (Strate de Frăteşti); 3 Hidroizobată a stratului acvifer freatic; 4 – Izopahită a Stratelor de Frăteşti; 5 – Direcție de curgere a apei freatice (după Harta hidrogeologică Vârtoapele, 1:100 000, I.G.G., 1975).

potențialului energetic al apei subterane, mai poartă denumirea de ***echipotențiale.*** Ele se trasează pe hărțile pe care sunt amplasate fântâni şi foraje prin interpolarea (grafică, matematică sau computerizată) a altitudinilor N.P. determinate prin măsurători directe la sursele de apă subterană din regiunea studiată. În funcție de aspectul izohipselor, distanța dintre ele şi modul de grupare se desprind diferite caracteristici ale suprafeței piezometrice (totalitatea punctelor ce reprezintă N.P. al unui strat acvifer). De asemenea, pe baza izohipselor se pot stabili direcțiile de curgere a apelor subterane (a se vedea 6.5.4.).

➢ ***Izobatele*** sunt linii de egală adâncime a N.P. Ele se trasează pe hărți prin interpolarea (grafică, matematică sau computerizată) a adâncimilor măsurate la fântânile şi forajele dintr-o regiune.

➢ În funcție de variația N.P. oscilează şi grosimea stratului acvifer. Liniile care unesc pe o hartă punctele cu aceeaşi grosime a stratului acvifer poartă numele de ***izopachite*** sau ***izopahite***.

7.5. RESURSELE DE APĂ SUBTERANĂ ALE ROMÂNIEI ŞI CALITATEA LOR

Resursele exploatabile totale de apă subterană din România (exclusiv apele minerale şi geotermale) sunt estimate la 11,5 mld. m^3/an (364,6 m^3/s). Din acestea utilizabile (resurse de bilanț) sunt 9,6 mld. m^3/an, din care 4,7 mld. m^3/an (149,4 m^3/s) aparțin domeniului freatic şi 4,9 mld. m^3/an (155,5 m^3/s) celui al apelor de adâncime. Resursa specifică este de 425 m^3/loc. şi an.

Apele subterane sunt inegal răspândite pe suprafața țării. Astfel, Câmpia Română deține 45% din resursele utilizabile, iar Câmpia de Vest 21%, în timp ce regiuni precum Dobrogea şi Podişul Transilvaniei dețin ponderi mai mici de 10% (4,7%, respectiv 8,2%).

Cele mai bogate resurse de ape freatice sunt cantonate în formațiunile aluvionare ale luncii şi teraselor Dunării, ale luncilor, teraselor şi conurilor de dejecție ale principalelor râuri țării (Someş, Mureş, Timiş, Olt, Prahova, Buzău, Putna, Moldova, Siret ş.a.). În privința apelor de adâncime, rezerve importante sunt deținute în straturile de Frăteşti şi de Cândeşti, în calcarele jurasice şi cretacice din Dobrogea de Sud, în depozitele pleistocene şi panoniene din Câmpia de Vest, în nisipurile daciene din Oltenia.

Calitatea apelor subterane din România este deteminată de acțiuna unor factori naturali şi antropici. În prima categorie se impune compoziția chimică a

rocilor şi solurilor cu care apele în circulaţia lor intră în contact. Dintre activităţile antropice se remarcă cele industriale, menajere şi agricole (utlizarea îngrăşămintelor chimice şi pesticidelor, dejecţiile animale).

Se apreciază că la nivelul anului 1998 erau afectate de poluare cca 50% din apele freatice şi 15% din cele de adâncime. Principalele categorii de poluanţi ai acestor ape sunt: produsele petroliere, cele rezultate din procesele industriale, elementele chimice utilizate în agricultură (pentru fertilizare şi combaterea dăunătorilor), reziduurile menajere şi zootehnice.

Printre regiunile cu ape subterane (îndeosebi freatice) poluate se înscriu: conul aluvionar Prahova – Teleajen (poluare cu produse petroliere); zonele de producere şi de administrare a îngrăşămintelor chimice şi pesticidelor (Tg. Mureş, Arad, Craiova, Rm. Vâlcea, Câmpia de Vest, Câmpia Olteniei, Câmpia Siretului Inferior ş.a.); arealele puternic industrializate: depresiunile Braşovului, Făgăraş etc.; vecinătatea marilor oraşe; terasele şi luncile Bistriţei (aval de Piatra Neamţ), Jiului (aval de Işalniţa), Oltului (aval de Călimăneşti), Mureşului (aval de Tg. Mureş); vecinătatea marilor complexe zootehnice.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se reprezinte schematic un strat acvifer liber şi zonele sale caracteristice.*
2. *Cum se realizează alimentarea straturilor acvifere libere?*
3. *Să se enumere principalele tipuri de straturi acvifere freatice şi să se precizeze care dintre ele prezintă importanţă deosebită pentru valorificare?*
4. *Să se reprezinte schematic un strat acvifer captiv şi zonele sale caracteristice.*
5. *Prin ce se caracterizează straturile acvifere captive şi care este importanţa lor?*
6. *Ce se înţelege prin nivel piezometric şi care sunt factorii care influenţează oscilaţiile sale spaţiale şi temporale?*
7. *Să se precizeze principalele modalităţi de măsurare şi prelucrare a nivelului piezometric.*
8. *Să se reprezinte schematic un hidrograf cu variaţiile zilnice ale nivelului piezometric.*
9. *Ce sunt izohipsele, cum se trasează şi ce importanţă practică prezintă ele?*

10. Care este deosebirea între izobate, izohipse şi izopahite? Care este importanţa lor?

11. Care sunt resursele de apă ale României şi cum sunt ele repartizate pe suprafaţa ţării?

12. Care este situaţia calităţii apelor subterane în România?

---

8. IZVOARELE

Prin izvor se înţelege locul apariţiei la zi (la suprafaţa terenului) a apei subterane. Izvorul, de regulă, ia naştere printr-un accident tectonic (falii, fisuri) sau prin acţiunea de eroziune a stratului acvifer. În cazul în care în straturile acvifere se efectuează deschideri artificiale cu ajutorul forajelor hidrogeologice, atunci izvoarele sunt considerate artificiale şi se numesc puţuri de apă subterană sau puţuri artificiale. Unii hidrogeologi folosesc termeni diferiţi pentru izvoarele care provin din straturile acvifere şi pentru cele care-şi au originea în formaţiunile calcaroase. În acest sens se utilizează termenii de: ***emergenţă***, ***resurgenţă*** şi ***exurgenţă***.

Emergenţele au sensul general de izvor şi constituie tipurile de iviri de apă care provine din straturile acvifere freatice şi de adâncime. Ele au o largă răspândire.

Resurgenţele sunt specifice formaţiunilor calcaroase. Se formează din apa pâraielor care pătrund în interiorul calcarelor prin sorburi sau ponoare şi după ce străbat o anumită distanţă reapar la suprafaţa terenului la o cotă mult mai coborâtă şi cu un debit mai mare decât cel pe care-l aveau la intrarea în ponor (Bigăr din Banat, Topolniţa din jud. Mehedinţi ş.a.).

Exurgenţele sunt izvoare care au la origine apele vadoase care pătrund în masa de calcar prin fisuri şi apar sub formă de izvoare cu apă curată şi temperaturi moderate (6 – 10°C), pe linii de falii. La noi, izvoarele din relieful calcaros mai poartă denumirea de ***izbucuri*** şi le întâlnim mai frecvent în Munţii Apuseni şi Munţii Banatului (Călugări, Bujor, Bigăr, Ochiul Beiului, Trei Fântâni etc.).

8.1. CLASIFICAREA IZVOARELOR

Cei mai mulţi geologi (A. Heim, K. Keilhak, I. Stiny) clasifică izvoarele **după situaţia geologică** în ascendente şi descendente; alţii (K. Brein, A.M. Ovcinikov) grupează izvoarele **după caracteristicile hidrogeologice ale stratelor acvifere şi după proprietăţile fizico-chimice şi curative ale apelor.** În acest context, considerăm că cele mai oportune criterii de a clasifica izvoarele sunt după structura geologică, după temperatura apelor şi după cantitatea de săruri şi gaze dizolvate în apă.

8.1.1. CLASIFICAREA IZVOARELOR DUPĂ SITUAŢIA GEOLOGICĂ

Clasificarea izvoarelor după situaţia geologică ia în considerare modul de circulaţie şi de apariţie la suprafaţă a apelor subterane. Conform acestui criteriu, izvoarele se împart în ***izvoare descendente*** şi ***izvoare ascendente***.

1. Izvoarele descendente sunt cele mai frecvente şi provin din straturile acvifere în care apa are o circulaţie descendentă, de la infiltrare şi până la ieşire, aflându-se sub influenţa gradului de înclinare a stratului. Din această categorie fac parte izvoarele descendente de strat, de vale, izvoarele de terasă, de grohotiş, de conuri de dejecţie sau din zone de alunecare şi izvoarele descendente din roci compacte.

a) ***Izvoarele descendente de strat*** sunt, de regulă, divizate în *izvoare din structuri monoclinale* (fig. 8.1.) , *sinclinale şi anticlinale* (fig. 8.2.).

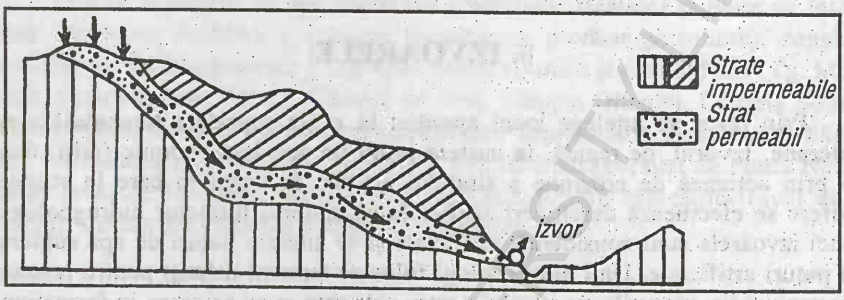


Fig. 8.1. *Izvor descendent de strat monoclinal.*

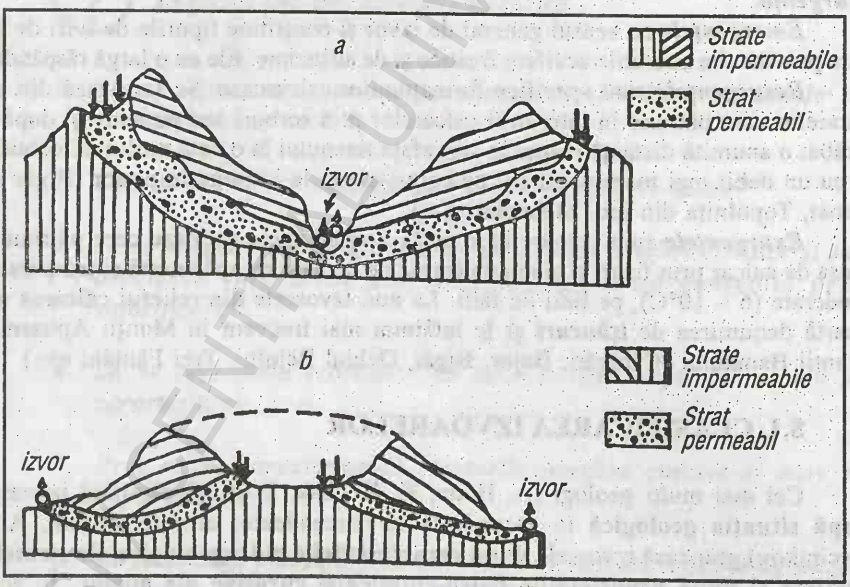


Fig. 8.2. *Izvoare descendente în structură sinclinală (a) şi izvoare descendente în structură anticlinală (b).*

b) ***Izvoarele descendente de vale*** iau naştere la baza versanţilor văii. Uneori ele au aspectul unei "linii de izvoare" (fig. 8.3.).

c) ***Izvoarele de terasă*** apar la baza teraselor, la contactul dintre depozitele permeabile şi cele impermeabile (fig. 8.4.). Au un debit bogat, fiind folosite în alimentarea centrelor populate.

Fig. 8.3. *Izvoare descendente de vale.*

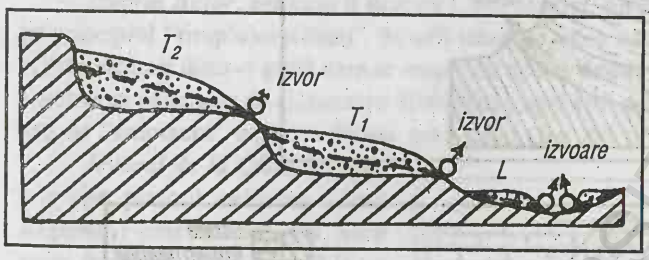


Fig. 8.4. *Izvoare descendente de la baza teraselor de acumulare.*

d) ***Izvoarele descendente de grohotiş şi conuri de dejecţie*** se remarcă la extremitatea acumulărilor de grohotişuri sau depozitelor conurilor de dejecţie, provenind din apele care se infiltrează şi circulă în interiorul acestora.

e) ***Izvoarele descendente din roci compacte***. Rocile calcaroase sunt străbătute de numeroase fisuri, canale, grote, ş.a. prin care apa infiltrată de la suprafaţă circulă liber sub influenţa forţei gravifice, până reapare la zi sub formă de izvoare carstice descendente (fig. 8.5.). Sunt denumite, după situaţie, resurgenţe sau exurgenţe.

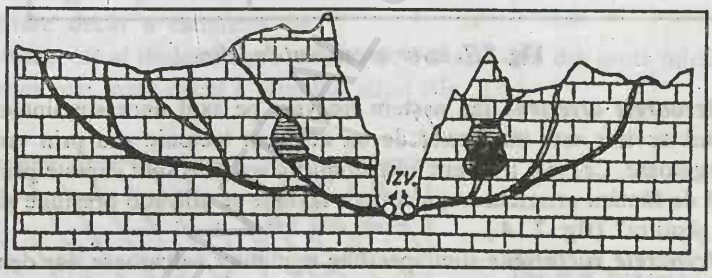


Fig.8.5. Izvoare descendente în roci compacte calcaroase.

2. Izvoarele ascendente provin din straturile acvifere în care apa are iniţial o circulaţie descendentă, după care, datorită presiunii pe care o acumulează şi condiţiilor geologice, apele capătă o circulaţie ascendentă, până ce apar la suprafaţă. Aceste izvoare provin, de obicei, din straturile acvifere captive. Ele pot fi de mai multe tipuri: izvoare ascendente de strat, izvoare ascendente de falie, izvoare arteziene, izvoare vocluziene şi izvoare intermitente.

a) ***Izvoarele ascendente de strat*** se întâlnesc în regiunile cu structuri cutate, iar stratul acvifer prezintă zona de alimentare la o cotă mai înaltă faţă de cea de descărcare (fig.8.6.).

b) ***Izvoarele ascendente de falie*** apar pe liniile de falie, sub presiune şi cu debit bogat. Apa care se infiltrează circulă prin stratul acvifer pe o linie foarte înclinată, descendentă, până intră pe linia de falie unde circulă pe un plan ascendent (fig. 8.7.).

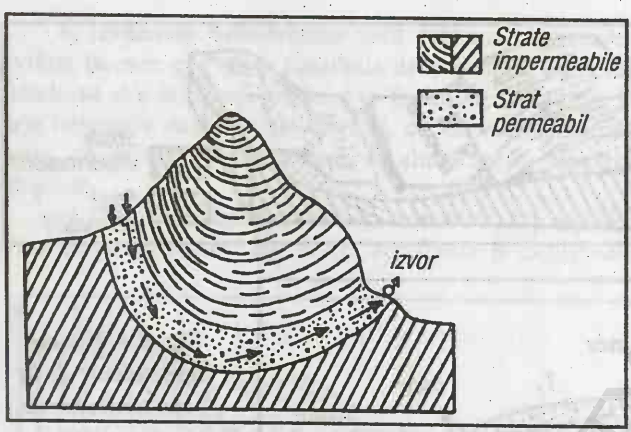


Fig. 8.6. *Izvor ascendent de strat.*

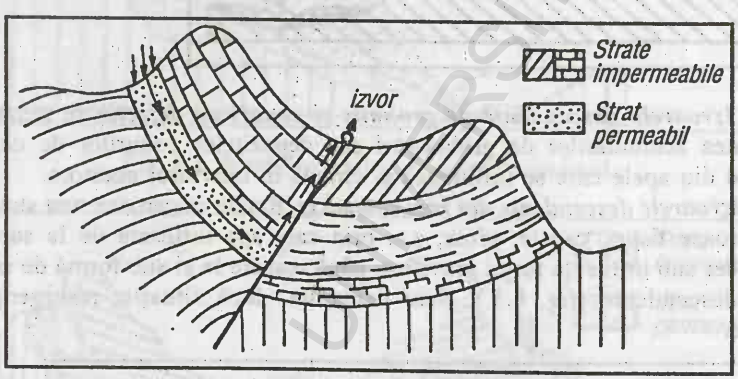


Fig. 8.7. *Izvor ascendent de falie.*

c) ***Izvoarele arteziene*** iau naştere frecvent pe axul unor sinclinale atunci când stratul acvifer este intersectat de un accident tectonic sau prin eroziunea apelor curgătoare. Cel mai frecvent însă straturile acvifere sunt captate prin foraje sub formă de fântâni arteziene. Apa acestor izvoare se află sub presiune şi are un caracter „ţâşnitor" (fig. 7.14.).

d) ***Izvoarele vocluziene*** sunt specifice regiunilor calcaroase, iar denumirea lor vine de la localitatea Vaucluse din Franţa, unde se găsesc în număr foarte mare. Izvorul vocluzian se formează din apa râurilor sau pâraielor care dispare la un moment dat, circulă în masa de calcar prin fisuri şi canale, iar apoi apare la o cotă mult mai coborâtă cu un debit foarte bogat de apă. La locul de apariţie este caracteristică o „pâlnie" ale cărei margini sunt depăşite de către apa subterană atunci când există alimentare bogată. În perioadele secetoase apa poate stagna în interiorul „pâlniei" având aspectul unui mic lac sau aceasta poate fi lipsită complet de apă.

e) ***Izvoarele intermitente*** se află răspândite atât în regiunile calcaroase, cât şi în regiunile cu activitate vulcanică. În formaţiunile calcaroase sunt caracteristice izvoare intermitente cu apă rece denumite "izbucuri", iar în regiunile cu manifestări vulcanice, izvoarele intermitente au un debit foarte bogat şi apă fierbinte (85°C) şi sunt denumite "gheizere".

- *Izvoarele intermitente din regiunile calcaroase (reci)* au fost semnalate şi descrise în detaliu, pentru prima oară, de Darcy, în urma descoperirilor făcute cu

ocazia săpării unui tunel de cale ferată. În țara noastră, I. Al. Maxim este primul geolog care studiază și descrie mecanismul de funcționare a *izvorului Bujor* și a *izvorului de la Călugări-Vașcău* din Munții Apuseni. Localnicii numesc izbucuri și izvoarele obișnuite, foarte numeroase în această regiune bogată în calcare triasice și jurasice, în care se adună importante rezerve de apă vadoasă (ploi și zăpezi) ce se descarcă prin izvoare de debite variabile (Izvorul Ponorului cu 300 l/s, Izvorul Galben cu 500 l/s, Izvorul Moneasa cu 150 l/s etc.).

Izvorul Bujor, așa cum îl descrie I. Al. Maxim, funcționează cu intermitență pe principiul "simplului sifonaj". Se află situat pe valea Poșăgii, afluent al Arieșului și este alcătuit dintr-o grotă care se umple cu apă în timpul ploilor, prin intermediul fisurilor și canalelor de alimentare. Eliminarea apei se face prin canalul de evacuare sau de "amorsare" care are forma unui sifon (fig. 8.8.).

Izvorul de la Călugări-Vașcău (pe platoul calcaros Câmp Răștirata) este format din două grote (una mai mare, situată la un nivel superior și alta mai mică, dispusă la o cotă mai joasă), unite între ele printr-un sifon de legătură. În structura izbucului mai intră canalele de alimentare și cele două sifoane de evacuare a apei. Primul sifon face legătura între cele două grote și are secțiunea mai mare decât a canalelor de alimentare, iar al doilea sifon are rolul de a evacua apa din grota mică și prezintă secțiunea mai mare decât a primului sifon (fig. 8.9.).

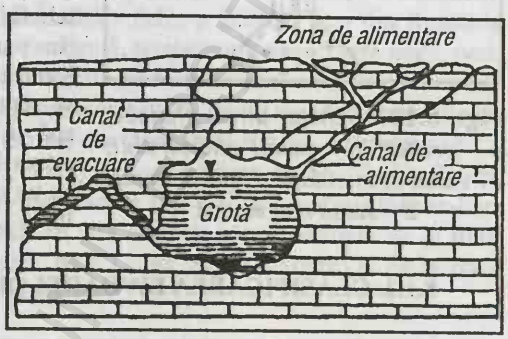


Fig. 8.8. *Schema izvorului intermitent simplu.*

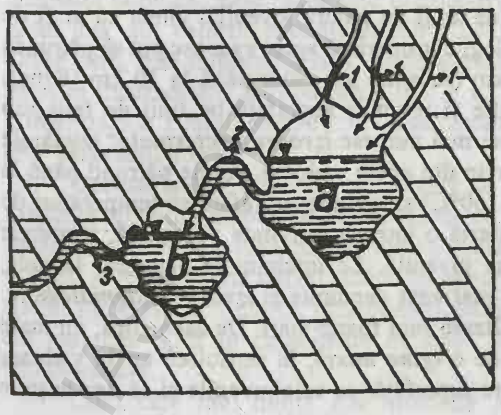


Fig. 8.9. *Schema izvorului intermitent dublu: 1 – canale de alimentare; 2 – sifon de legătură; 3 – sifon de evacuare a apei; a – grota mare; b – grota mică.*

• *Izvoarele intermitente calde.* Acest tip de izvoare poartă numele de *gheizere*. Au apă intermitentă și se caracterizează prin țâșnirea unei coloane de apă caldă și de vapori. Numele acestor izvoare provine de la regiunea Geyser din Islanda, unde se găsesc în număr foarte mare și unde au fost studiate pentru prima dată.

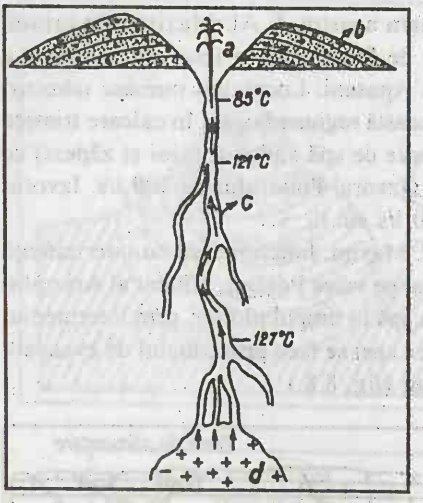


Fig. 8.10. *Schița unui gheizer: a – crater; b - conul gheizerului; c – canal de circulație a apei fierbinte; d – sursa magmatică.*

Gheizerii prezintă o structură internă asemănătoare cu cea a unui vulcan (fig. 8.10). Ei sunt alcătuiți dintr-un con și un mic crater (bazin, rezervor sau cuvetă) continuat în adâncime cu un canal ce poate avea un diametru de câțiva metri, prin care circulă apa fierbinte și aflată sub presiune. Apa gheizerilor se presupune că este atât de origine vadoasă, cât și juvenilă. Temperatura foarte ridicată a apei este datorată unei surse de magmă topită aflată la mare adâncime.

Gheizerii se întâlnesc și în alte regiuni ale Globului, legate tot de prezența reliefului vulcanic: Noua Zeelandă, S.U.A. (în parcul Yellowstone), în peninsula Kamceatka ș.a. Tot în regiunile vulcanice se semnalează prezența unor țâșnituri de apă și mai ales vapori de apă cu temperatura între 100 – 175°C. Aceste țâșnituri au un caracter continuu, fiind denumite în Italia „*soffioni*".

8.1.2. CLASIFICAREA IZVOARELOR DUPĂ TEMPERATURĂ

Izvoarele pot fi împărțite după temperatură în izvoare reci și izvoare calde.

➢ **Izvoare reci** sunt considerate acelea care au temperatura apei mai mică sau egală cu temperatura medie anuală a aerului din regiunea respectivă.

➢ **Izvoare calde** sau **termale** sunt acelea care se caracterizează tot timpul anului prin temperatura apei mai ridicată decât temperatura medie a lunii celei mai calde din cursul anului. Asupra originii izvoarelor calde s-au emis mai multe ipoteze. Unele susțin că apa lor caldă ar fi de natură juvenilă, altele că ar fi de natură meteorică (vadoasă). Unii geologi consideră că apele vadoase pot să pătrundă prin fisuri până la adâncimi de 12 km (Adams) sau chiar până la 30 km (King), unde dau de temperaturi foarte înalte și revin la suprafață pe linii de falii sub formă de izvoare termale. Acestea se mai numesc ***izvoare geotermale***. Izvoarele de la Băile Felix și Băile 1 Mai provin din apele vadoase. Apele pătrund până la 1000 m adâncime unde se încălzesc (60°C) și revin la suprafață cu temperaturi de 42°C. În alte situații, unde se manifestă o intensă activitate vulcanică, izvoarele termale se pot considera de origine juvenilă. Le întâlnim în Japonia, Islanda, Antarctica, Noua Zeelandă etc. Ele mai sunt denumite și ***izvoare magmatogene***. Temperatura și gradul lor de mineralizare sunt foarte mari. De asemenea, un mare procent din izvoarele termale sunt de ***origine mixtă***, în sensul că apele vadoase pot să se combine, în drumul lor spre suprafață, cu cele juvenile și să dea naștere la această categorie de izvoare.

Izvoarele calde au un ecart de variație termică foarte mare, fapt ce a făcut pe cei mai mulți hidrogeologi să le împartă în izvoare hipotermale, izotermale, mezotermale și hipertermale.

• **Izvoarele hipotermale** prezintă temperaturi mai mici decât cele ale corpului uman, de regulă între 20 și 35°C. Ele sunt cele mai numeroase din grupa

apelor termale şi se află răspândite în diferite regiuni ale globului: bazinul Vichy (Vichy-Etat-Hôpital, Lucas Parc), Brides (35°C), Royat (34°C) din Franţa; Gurgittello-Ischia (34°C), Salsomaggiore (32°C) din Italia; Aedipsos din Grecia şi o serie de izvoare din ţara noastră: Lunca Bradului-Topliţa (22,5°C), Băile Olăneşti (32,5°C), Mangalia (21,5°C), Băile Tuşnad (21°C), Timişoara (20,2°C), Arad (21,2°C), Mocrea (26°C), Moneasa (23-32°C), Băile Tinca (25°C), etc.

- **Izvoarele izotermale** au temperatura asemănătoare cu cea a corpului omenesc (36-37°C). Sunt mai puţin numeroase şi le întâlnim în Belgia la Chaudfontaine (37°C), în Franţa la Gréoulx (37°C), R. S. Vietnam la Vinh-Hao (36°C), iar în ţara noastră la Vaţa de Jos (36-37°C), pe valea Crişului Alb.
- **Izvoarele mezotermale** sunt considerate acelea care au temperatura apei între 38 şi 42°C (după unii hidrologi chiar 45°C). Dintre acestea menţionăm: Vichy-Etat (izvorul Grand-Grille cu 42°C), Le Monêtier (45°C), la Bourboule (40°C) din Franţa şi unele izvoare de la Băile Felix şi Băile 1 Mai din România.
- **Izvoarele hipertermale** au, de regulă, temperatura apei foarte mare, peste 42 - 45°C. Sunt ape care provin pe linii de falii de la mare adâncime. Mai cunoscute sunt: Karlovy-Vary (75°C) din Cehia; Budapesta (77°C) din Ungaria; Baden-Baden (68°C), Wiesbaden (68°C), Aachen (55°C) din Germania; Aix-les-Thermes (77°C), Thuès (78°C), Plombières (68,6°C), Vichy (izvorul Dôme cu 66°C) din Franţa; Hammam-Righa (70°C) şi Hammam-Meskoutine (69°C) din Algeria; Hakone-Park (70°C) şi Kusatsu (62°C) din Japonia. În ţara noastră, câteva izvoare de la Băile Herculane (Baia Neptun, Baia romană, Baia Diana, Şapte Izvoare) şi de la Băile Felix prezintă temperaturi între 48 şi 69°C.

8.1.3. APELE MINERALE

8.1.3.1. Definiţie, geneză, tipologie

Apele minerale sunt considerate acele ape naturale, care conţin diferite săruri, elemente chimice, gaze, substanţe radioactive, a căror concentraţie depăşeşte cel puţin una din valorile minime stabilite pentru anumiţi indicatori caracteristici, dintre care, mai importanţi sunt: mineralizare totală ≥ 1000 mg/l; CO_2 (liber sau legat în dicarbonaţi) ≥ 1000 mg/l; fier ≥ 10 mg/l; iod ≥ 1 mg/l; sulf (titrabil) ≥ 1 mg/l; H_2S ≥ 1 mg/l; arseniu ≥ 0,7 mg/l; brom ≥ 0,5 mg/l; radioactivitate ≥ 80 uM/l (M. Vernescu, 1988).

Geneza apelor minerale este legată de prezenţa unor falii de adâncime, de existenţa reliefului muntos de natură vulcanică, precum şi de arealul unor importante zăcăminte de petrol, cărbuni, gaz metan şi sare. Originea apelor minerale poate fi vadosă, juvenilă, mixtă sau de zăcământ. Sărurile mai frecvent întâlnite în conţinutul apelor minerale sunt clorul, bicarbonaţii, sulfurile, sulfaţii şi fosfaţii. Dintre gaze, cel mai des intră în combinaţie dioxidul de carbon care dă naştere la apele carbogazoase.

Cum cele mai multe ape minerale au importante proprietăţi curative, balneologii le împart în ape balneare (utilizate ca băi în cura externă) şi în ape minerale (cele folosite în cura internă).

În funcţie de conţinutul în săruri, gaze sau alte elemente chimice, precum şi de gradul de radioactivitate, apele minerale pot fi de mai multe tipuri:

- **carbogazoase**: Karlovy-Vary (Cehia), Spa (Belgia), Vişeu de Sus, Jigodin – Băi (România) ş.a.;

- **bicarbonate carbogazoase:** Karlovy-Vary (75°C), Spa (Belgia), Saratoga Springs (SUA), Valea Vinului, Sângeorz Băi, Borsec, Bilbor, Zizin (România) etc.;
- **bicarbonate simple:** Vichy, Vals, Le Boulou, (Franța), Frantiskovy-Lázne, Teplice (Cehia), Budapesta (Ungaria), Mladenovac (Serbia), Gurgitello-Ischia (Italia), Chaudfontaine (Belgia), Catosa Springs, Hot Springs of Virginia (SUA); Kami-Yamada, Naso-Yumoto, Minakami, Suwa (Japonia), Arad, Urzicuța, Craiova (România) ș.a.;
- **feruginoase:** Harrogate (Anglia), Spa (Belgia), Charbonnières (Franța), Krynica (Polonia), Warm Springs (SUA), Poiana Ilvei, Vatra Dornei, Dorna Cândreni, Poiana Negri, Miercurea Ciuc, Sântimbru-Băi, Lipova, Buziaș (România) etc.;
- **sulfuroase:** Aix-les-Thermes, Amélie-les-Bains (Franța), Aachen (Germania), Schinznach (Elveția), Hipata (Grecia), Matesta-Soci (C.S.I.), Springs of Florida (SUA), Kusatsu, Hakone Park (Japonia), Moinești, Pucioasa, Căciulata, Băile Olănești, Băile Govora, Băile Herculane (România) ș.a.
- **sulfatate:** Plombières, Vittel, Saint-Gervais (Franța), Marianske-Lázne (Cehia), Montecatini Terme (Italia), Rubinat (Spania), Hammam-Righa (Algeria), Hot Springs of Arkansas (SUA), Oglinzi, Bălțătești, Ivanda (România) etc.;
- **clorosodice:** Baden-Baden, Wiesbaden (Germania), Jusla (Iugoslavia), Albano, Salsomaggiore, Citara-Ischia (Italia), Kislovodsk (Rusia), Bad Ischl (Austria), Salins-Moutiers, Salies-de-Béarn, (Franța), Reinfelden (Elveția), Aedipsos (Grecia), Cacica, Tg. Ocna, Slănic Moldova, Slănic Prahova, Telega, Ocnele Mari, Ocna Sibiului, Ocna Mureș, Balta Albă, Techirghiol (România) ș.a.;
- **iodurate:** Vulcana-Băi, Moreni, Berca, Sărata Monteoru, Bazna, etc.;
- **radioactive:** Karlovy-Vary, Sângeorz-Băi, Băile Tușnad, Băile Herculane, Borsec, Someșeni ș.a.;
- **oligominerale** (au cantități reduse de săruri, dar pot prezenta caracter termal și au proprietăți curative): Moneasa, Salonta, Băile Felix, Băile 1 Mai, Plopiș, Finiș, Cermei, Chișineu-Criș, Fibiș, etc.

8.1.3.2. Răspândirea geografică a izvoarelor minerale din România

Apele minerale din România sunt cunoscute din cele mai îndepărtate timpuri. Din inscripțiile romane descoperite la Băile Herculane a reieșit că izvoarele de aici purtau numele de *„Ad aquas Herculi sacras"* (Apele sacre ale lui Hercule); de asemenea, izvoarele calde de la Geoagiu Băi erau denumite *„Thermae Dodone"*, iar apele termo-minerale de la Călan se numeau *„Genia pagi aquensis"* (ape tămăduitoare). Așadar, încă de acum 2000 de ani, pe teritoriul țării noastre s-au înființat câteva așezări balneare, situate în jurul unor izvoare termale. Apoi, secole de-a rândul nu s-au mai păstrat documente despre utilizarea apelor minerale. Abia spre sfârșitul secolului al XVII-lea și mai ales în secolul al XVIII-lea, se fac cunoscute câteva localități prin efectele curative care le aveau apele minerale (Băile Felix, Bazna, Băile Tușnad, Strunga, Slănic-Moldova, Vatra Dornei, Olănești, Balta Albă etc.).

Descoperirea și utilizarea izvoarelor minerale pe o scară mai largă s-au realizat în a doua parte a secolului al XX-lea, când au fost create numeroase stațiuni balneoclimaterice. Astăzi se cunosc peste 500 localități cu câteva mii de izvoare minerale, care au o densitate cu distribuție neuniformă. În funcție de influența exercitată de factorii exogeni (precipitații, temperatură, morfologia

reliefului) şi factorii endogeni (constituţia geologică, tectonică), frecvenţa cea mai mare a izvoarelor minerale se plasează în zona de geosinclinal (Carpaţii şi Subcarpaţii Orientali, Subcarpaţii Getici şi Podişul Getic, Munţii Apuseni, Podişul Transilvaniei, Câmpia de Vest), iar numărul cel mai redus în zona de platformă (Câmpia Română, Podişul Moldovei şi Podişul Dobrogei). În fig. 8.11. este prezentată repartiţia şi tipologia izvoarelor din România pe marile unităţi fizico-geografice.

Carpaţii Orientali, prin constituţia lor geologică variată, prin numeroasele lor depresiuni intramontane şi mai ales, prin prezenţa marelui lanţ vulcanic Oaş-Ţibleş-Călimani-Harghita, se caracterizează prin cele mai numeroase izvoare minerale din ţara noastră. Această unitate montană cuprinde cca. o treime din numărul total al localităţilor cu iviri de ape minerale. Aici se fac simţite manifestările postvulcanice, sub forma emanaţiilor de CO_2 şi mai rar de H_2S, ce afectează o suprafaţă foarte mare (200 km lăţime), cunoscută sub numele de aureola mofetică. Apar peste 1500 de izvoare minerale, majoritatea din ele fiind încărcate cu CO_2 şi având o compoziţie chimică complexă. Predomină apele carbogazoase feruginoase şi carbogazoase bicarbonate, iar în unele depresiuni se semnalează şi ape sulfuroase. Mai cunoscute izvoarele de la Sângeorz Băi, Boresec, Biborţeni, Bilbor, Bodoc, Zizin (bicarbonatate carbogazoase), Vatra Dornei, Poiana Negri, Miercurea Ciuc, Malnaş, Dorna Cândreni, Băile Tuşnad (feruginoase), Covasna (arsenicale carbogazoase) etc.

Subcarpaţii Orientali includ cel mai numeros grup de izvoare clorosodice, sulfuroase şi sulfatate. Izvoarele clorosodice se află în strânsă legătură cu formaţiunile geologice de vârstă miocenă şi în special cu masivele de sare şi argile salifere (Slănic-Moldova, Slănic Prahova, Tg. Ocna etc.). Izvoarele sulfuroase iau naştere în depozitele de vârstă paleogenă şi neogenă. Mai cunoscute sunt cele de la Moineşti, Câmpina, Pucioasa. Izvoarele sulfatate se află în nordul Subcarpaţilor Moldovei (Oglinzi, Bălţăteşti).

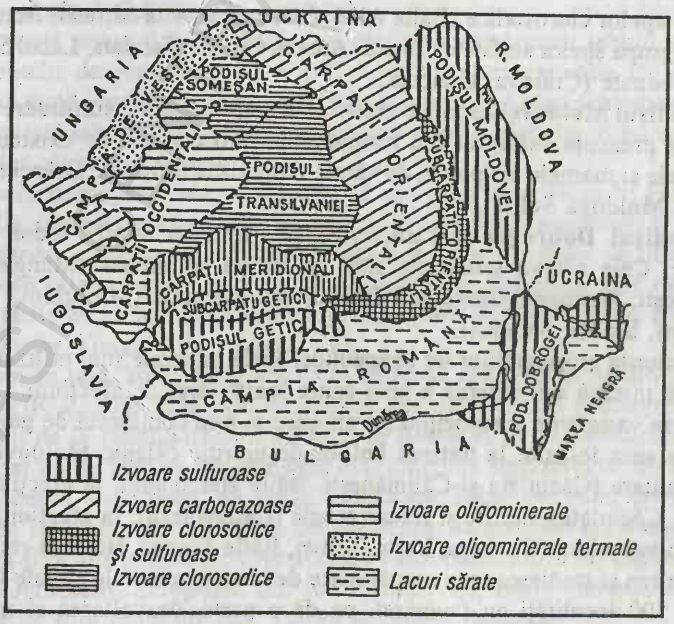


Fig. 8.11. *Tipuri de izvoare minerale pe marile unităţi fizico-geografice ale României.*

Carpaţii Meridionali constituie unitatea muntoasă lipsită de ape minerale, cu excepţia văii Cerna, la Băile Herculane unde se găsesc izvoare termominerale predominant cu caracter sulfuros, clorurat şi puternic radioactiv.

Subcarpaţii Getici şi Podişul Getic conţin izvoare clorosodice şi sulfuroase. Geneza celor sărate este legată tot prezenţa unor masive de sare sau argile salifere (Ocnele Mari, Ocniţa, Oteşani).

Munţii Apuseni se caracterizează prin prezenţa izvoarelor oligominerale, dintre care unele sunt hipotermale şi hipertermale. Într-un număr mai redus se găsesc şi izvoare carbogazoase, sulfuroase şi feruginoase. După felul cum sunt concentrate, ele sunt răspândite în trei regiuni morfo-hidrografice: a) *Regiunea munţilor Meseş şi Plopiş*, cu ape sulfuroase (Valea Pomilor, Meseşenii de Sus), ape feruginoase (Plopiş, Şumal) şi sulfatate (Zăuan); b) *Depresiunea Beiuşului* cu ape oligominerale şi hipotermale (Răbăgani, Moneasa etc.); c) *Culoarul Mureşului între Munţii Metaliferi şi Poiana Ruscă*, cu un număr mare de izvoare legate de existenţa unor linii de falii ce ajung până la vechile vetre vulcanice. Mai frecvente sunt izvoarele carbogazoase bicarbonatate (Băcia, Banpotoc, Veţel, Bretelin), carbogazoase feruginoase (Boholţ, Valea Căoi) şi oligominerale termale (Geoagiu-Băi şi Călan).

Podişul Transilvaniei şi **Podişul Someşan** cuprind pe întreaga lor bordură, ape clorosodice. Acestea îşi au originea în masivele de sare sau argile salifere din formaţiunile miocene (Chiuza, Mica, Sânmărghita, Ocna Dejului, Praid, Sovata, Slătiniţa, Cojocna, Turda, Ocna Mureş, Ocna Sibiului). La Bazna şi la Sângeorgiu de Mureş se găsesc izvoare cu iod, legate de gazul metan din depozitele sarmaţiene.

Câmpia de Vest se caracterizează prin prezenţa izvoarelor oligominerale, din care unele sunt termale (Salonta, Băile 1 Mai, Băile Felix) şi a izvoarelor carbogazoase feruginoase (Păuliş, Lipova, Ţipăr, Tămăşeu etc.).

Câmpia Română este lipsită de izvoare minerale, cu excepţia unor limane fluviale sau a unor lacuri clastocarstice cu apă foarte mineralizată. Unele aparţin de grupa apelor clorosodice (Balta Albă, Câineni, Movila Miresii, Batogu, Ianca), altele de grupa apelor sulfatate (Tătaru, Amara, Ciocile, Fundata, Lacul Sărat-Brăila) ori bicarbonate (Craiova, Urzicuţa).

Podişul Moldovei cuprinde predominant ape minerale sulfuroase şi sulfatate, legate de prezenţa sulfaţilor din formaţiunile miocene sau de existenţa sărurilor din argilele şi marnele nisipoase, de vârstă sarmaţiană (Strunga, Drânceni, Izvoarele Sucevei, Moldova Suliţa).

Podişul Dobrogei se caracterizează printr-un număr redus de izvoare minerale. Cele câteva semnalate sunt de natură sulfuroasă (Mangalia, Topalu, Ghindăreşti, Ostrovul, Gâsca şi Hârşova) sau clorurată (Murighiol, Techirghiol, Costineşti, Sinoie, Nuntaşi).

Datorită proprietăţilor lor terapeutice, apele minerale sunt utilizate la tratarea prin cură internă sau externă a unei game foarte largi de afecţiuni.

Prin varietatea compoziţiei lor chimice şi prin conţinutul de gaze, izvoarele minerale sunt folosite la tratarea bolilor de nutriţie (Slănic Moldova), a bolilor hepato-biliare (Căciulata şi Călimăneşti, Băile Herculane), la afecţiuni digestive (Borsec, Căciulata), nefrite şi litiaze renale (Călimăneşti), la afecţiuni respiratorii şi cardio-vasculare (Covasna, Vatra Dornei, Băile Tuşnad, Borsec) etc. În prezent, descoperirea şi studierea unui număr mare de izvoare minerale situate în perimetrul a peste 500 localităţi au favorizat, pe de o parte, dezvoltarea şi modernizarea vechilor staţiuni balneoclimaterice, iar pe de altă, parte apariţia unora noi.

Izvoarele minerale constituie în acelaşi timp importantă bogăţie a subsolului nostru, valorificate astăzi la un nivel superior de industria alimentară. Atât apele minerale medicinale, cât şi apele minerale de masă, solicitate astăzi din ce în ce mai mult, au favorizat dezvoltarea unei industrii de îmbuteliere a lor.

8.1.4. APA PLATĂ

Apa plată constituie tipul de apă potabilă naturală ce aparţine, de regulă, de grupa izvoarelor oligominerale reci. Are o mineralizare mai mică de 1000 mg/l. Denumirea acestui tip de apă a fost dată de profesorul francez B.Ninard, în 1971, cu termenul de *„l'eau plate"*, termen preluat în întreaga lume şi mai ales în literatura hidrologică.

Apa plată este de origine vadoasă, în sensul că ea se formează din precipitaţiile ce pătrund prin fisuri şi prin sorburi în masivele de calcar, omogen carstificate, şi apar sub formă de izvoare, cu debit variabil, la o cotă inferioară faţă de punctul zonei de alimentare. Circulaţia apei prin masa de calcar se presupune că are o durată de câteva luni, timp în care se realizează stabilitatea ei microbiologică. Ca urmare, apa plată trebuie să prezinte o stabilitate a proprietăţilor fizice, chimice şi organoleptice pe o perioadă de aproape un an.

Temperatura izvoarelor cu apă plată se menţine tot timpul anului, indiferent de anotimp, între 5 - 7°C. Compoziţia chimică a apei este dominată de anionul bicarbonic (HCO_3^-), însoţit, de cele mai multe ori, de cationi de calciu (Ca^{++}), magneziu (Mg^{++}) şi natriu (Na^+), precum şi de anionii de sulfat (SO_4^{--}) şi clor (Cl^-), fără ca limita maximă a acestor săruri dizolvate să depăşească 1000 mg/l. Dioxidul de carbon (CO_2) lipseşte din conţinutul acestor ape.

Apa plată care provine din izvoarele ce apar din masivele de calcar are un gust plăcut, este incoloră şi inodoră şi este lipsită de anumiţi germeni patogeni sau colibacili. Concentraţia ionilor de hidrogen caracterizează, cel puţin pentru apele plate studiate la noi în ţară, prezenţa unui pH cu tendinţă neutră (7,3) sau în unele cazuri slab alcalină (7,8-8).

Apa plată poate fi îmbuteliată fară nici un amendament tehnic şi poate fi ţinută în butelii de plastic de 1,5 - 2 l, la temperaturi variabile (5 - 30°C) şi folosită apoi după o perioadă de 12 luni, fară ca în prealabil să-şi schimbe conţinutul ionic. În această situaţie ea poate fi transportată la mari distanţe, fiind considerată ca un produs alimentar superior.

Primele descoperiri ale unei surse de apa plată s-au făcut în Franţa, apoi Belgia, Italia, Iugoslavia, Grecia, Bulgaria, iar din deceniul al nouălea şi în România. Producţia mondială de apă plată a ajuns astăzi la circa 1 miliard de litri. Această apă de natură oligominerală este foarte consumată în Europa şi este deosebit de căutată în ţările cu indice de ariditate mare (Kuwait, Arabia Saudită, Irak, Israel, Bahrein, Quatar, Oman, Libia, Liban, ş.a).

La noi în ţară, studii asupra acestei surse de apă s-au făcut din anul 1984 de către ISPIF, ajungându-se la concluzia că apa plată are un gust agreabil chiar după 12 luni de la îmbuteliere. În prezent, în România se fac îmbutelieri de apă plată din mai multe izvoare. Printre cele mai renumite sunt *Izvorul minunilor* din Munţii Vlădeasa - Apuseni, de lângă localitatea Stâna de Vale, izvoarele din Depresiunea Dornelor (*Izvorul Alb*). De asemenea, au mai fost semnalate izvoare cu apă plată şi în alte puncte din formaţiunile calcaroase cum ar fi: Cărand din jud. Arad (Fl. Dumescu), Scropoasa din jud. Dâmboviţa, Băile Herculane din jud. Caraş-Severin, Murighiol din jud. Tulcea şi Chitila Bucureşti.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care este deosebirea între emergenţe, resurgenţe şi exurgenţe?*
2. *Izvoarele descendente: definiţie, tipologie, importanţă.*
3. *Ce sunt izvoarele ascendente şi de câte feluri pot fi?*
4. *Izvoarele calde: definiţie, origine, tipologie, exemple de localităţi cu astfel de izvoare.*
5. *Ce sunt apele minerale, cum s-au format şi care sunt principalele tipuri?*
6. *Să se prezinte repartiţia apelor minerale din România la nivelul principalelor regiuni fizico-geografice.*
7. *Ce se înţelege prin apă plată?*

SINTEZĂ A NOŢIUNILOR ŞI TERMENILOR IMPORTANŢI

Tipuri de ape subterane după originea lor: *vadoase, juvenile (magmatice), de zăcământ (veterice, fosile), cosmice;* ***teorii asupra originii apelor subterane*** *(infiltraţiei, condensării, originii mixte);* ***proprietăţi hidrogeologice ale rocilor:*** *porozitate (totală, eficace), permeabilitate (verticală, orizontală sau transmisivitate), higroscopicitate, capacitate de absorbţie, grad de îndesare;* ***categorii (tipuri) de apă din roci:*** *apă legată chimic (de hidratare, de constituţie, de cristalizare, zeolitică), apă legată fizic sau de adsorbţie sau adeziune (higroscopică, peliculară), apă liberă (capilară continuă sau susţinută, capilară suspendată sau funiculară, gravitaţională sau gravifică);* ***distribuţia apelor subterane pe verticală:*** *zonă de aeraţie (capilară, intermediară sau de retenţie, de evapotranspiraţie), zonă de saturaţie;* ***factorii circulaţiei apelor subterane*** *(forţa gravitaţională, forţa capilară, gradientul hidraulic, permeabilitatea);* ***mişcarea laminară şi mişcarea turbulentă;*** ***parametri ce caracterizează scurgerea apei subterane:*** *viteza de scurgere (în regim laminar, în regim turbulent, viteza reală, viteza aparentă); debitul de scurgere (în regim laminar, în regim turbulent), debitul unitar de scurgere;* ***direcţia de scurgere a apei subterane:*** *determinare pe teren (marcarea cu trasori) şi în cabinet (procedeul geometric, utilizarea hărţilor cu izohipse);* ***straturile acvifere libere sau freatice:*** *definiţie, zone caracteristice (de alimentare, de dezvoltare, de descărcare), forme ale suprafeţei piezometrice (convexe, concave, în trepte), modalităţi de alimentare (din apa meteorică, din surse superficiale, din straturile acvifere de adâncime, din surse artificiale), tipuri de straturi acvifere freatice (din lunci, din terasele de acumulare, din zonele interfluviale, din conurile de dejecţie, de la baza loessului, din roci compacte cu*

fisuri, din zonele litorale marine); straturile acvifere de adâncime sau captive: definiție, tipuri (în depozite orizontale, în depozite monoclinale, în structuri cutate sinclinale sau anticlinale); ***nivelul piezometric:*** *definiție, factorii care influențează oscilația sa (meteorologici, hidrologici, antropici), modalități de măsurare, prelucrare și analiză a variațiilor sale temporale (hidrografe) și spațiale (hărți cu izohipse, izobate, izopahite);* ***izvoarele:*** *definiții (emergență, resurgență, exurgență), clasificare după situația geologică (descendente: de strat, de vale, de terasă, de grohotiș, din roci compacte; ascendente: de strat, de falie, arteziene, vocluziene, intermitente reci , intermitente calde), clasificare după temperatură (reci, calde: hipotermale, izotermale, mezotermale, hipertermale);* ***apele minerale:*** *definiție, geneză, tipologie (carbogazoase, bicarbonate carbogazoase și bicarbonate simple, feruginoase, sulfuroase, clorosodice, sulfatate, ape cu iod, cu arsen, oligominerale, radioactive), răspândire geografică, importanță;* ***apa plată*** *(caracteristici, răspândire geografică);* ***resurse de ape subterane în România; calitatea apelor subterane în România.***

9. LUCRĂRI PRACTICE ŞI TEME DE CONTROL

9.1. ÎNTOCMIREA HĂRȚILOR TEMATICE PRIVIND APELE SUBTERANE: CU HIDROIZOHIPSE ŞI HIDROIZOBATE

9.1.1. ÎNTOCMIREA HĂRȚII CU HIDROIZOHIPSE

Hidroizohipsele sunt liniile care unesc punctele cu aceeași cotă a nivelului piezometric, față de nivelul mării. Această cotă a nivelului piezometric se determină prin efectuarea diferenței dintre cota absolută a forajului (determinată cu altimetrul sau cu GPS-ul) și adâncimea nivelului hidrostatic (distanța de la suprafața topografică și nivelul suprafeței apei).

Realizarea hărților cu hidroizohipse conduce la reliefarea suprafeței depozitelor subterane de apă. Pentru a realiza o asemenea hartă, se procedează în felul următor:

a) Se notează pe harta regiunii analizate puțurile, forajele sau izvoarele.

b) Lângă fiecare foraj se notează cota absolută a sa și cea a nivelului apelor subterane.

c) Se unesc punctele prin linii și se determină pe ele prin interpolare punctele intermediare cu cotele dintre intervale.

d) Se unesc apoi punctele cu aceleași cote rezultând izohipsele. Întrucât izohipsele corespund liniilor de egală valoare a potențialului energetic al apei subterane, mai poartă denumirea de echipotențiale.

Pentru regiunea Banița s-au identificat 37 de surse de apă ce pot furniza date asupra nivelului piezometric cu o densitate relativ uniformă (tab. nr. 9.1. și fig. 9.1.).

Valorile hidroizohipselor care se vor trasa sunt de 50, 60, 70, 80 și 90 m ele determinându-se pe hartă cu ajutorul metodei de interpolare grafică liniară, chiar dacă precizia metodei la scări mici nu este mulțumitoare. Metoda constă în realizarea unei abace pe care sunt trasate, prin linii orizontale echidistante, cotele nivelului piezometric cu valori cuprinse în cazul de față între 40 și 100 m (fig. 9.2.), iar cu ajutorul unei benzi de hârtie se vor efectua măsurători de distanțe între două foraje

Tabelul 9.1.

Caracteristicile hidrogeologice ale forajelor din regiunea Baniţa

Nr. crt.	Forajul	Cota în m faţă de „0" Marea Neagră (m)	Cota nivelului piezometric (m)	Adâncimea nivelului piezometric (m)
1.	P1	92,3	89,3	3,0
2.	P2	93,5	90,5	3,0
3.	P3	81,5	78,5	3,0
4.	P4	77,0	75,0	2,0
5.	P5	65,0	62,0	3,0
6.	P6	80,0	78,0	2,0
7.	P7	82,7	80,7	2,0
8.	P8	69,0	67,0	2,0
9.	P9	63,5	60,5	3,0
10.	P10	77,0	75,0	2,0
11.	P11	78,3	77,3	1,0
12.	P12	62,1	60,1	2,0
13.	P13	62,5	60,5	2,0
14.	P14	69,0	66,0	3,0
15.	P15	59,0	57,0	2,0
16.	P16	73,5	71,5	2,0
17.	P17	71,0	66,0	5,0
18.	P18	71,5	70,5	1,0
19.	P19	61,7	57,4	4,0
20.	P20	55,0	53,0	2,0
21.	P21	62,0	57,0	5,0
22.	P22	62,8	58,8	4,0
23.	P23	54,5	51,5	3,0
24.	P24	53,0	51,0	2,0
25.	P25	62,0	57,0	5,0
26.	P26	51,0	48,0	3,0
27.	P27	53,2	49,2	4,0
28.	P28	52,0	49,0	3,0
29.	P29	58,0	55,0	3,0
30.	P30	47,0	44,0	3,0
31.	P31	44,0	40,0	4,0
32.	P32	64,3	62,3	2,0
33.	P33	57,1	53,1	4,0
34.	P34	58,0	55,0	3,0
35.	P35	55,4	52,4	3,0
36.	P36	48,5	45,5	3,0
37.	P37	47,2	44,2	3,0

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

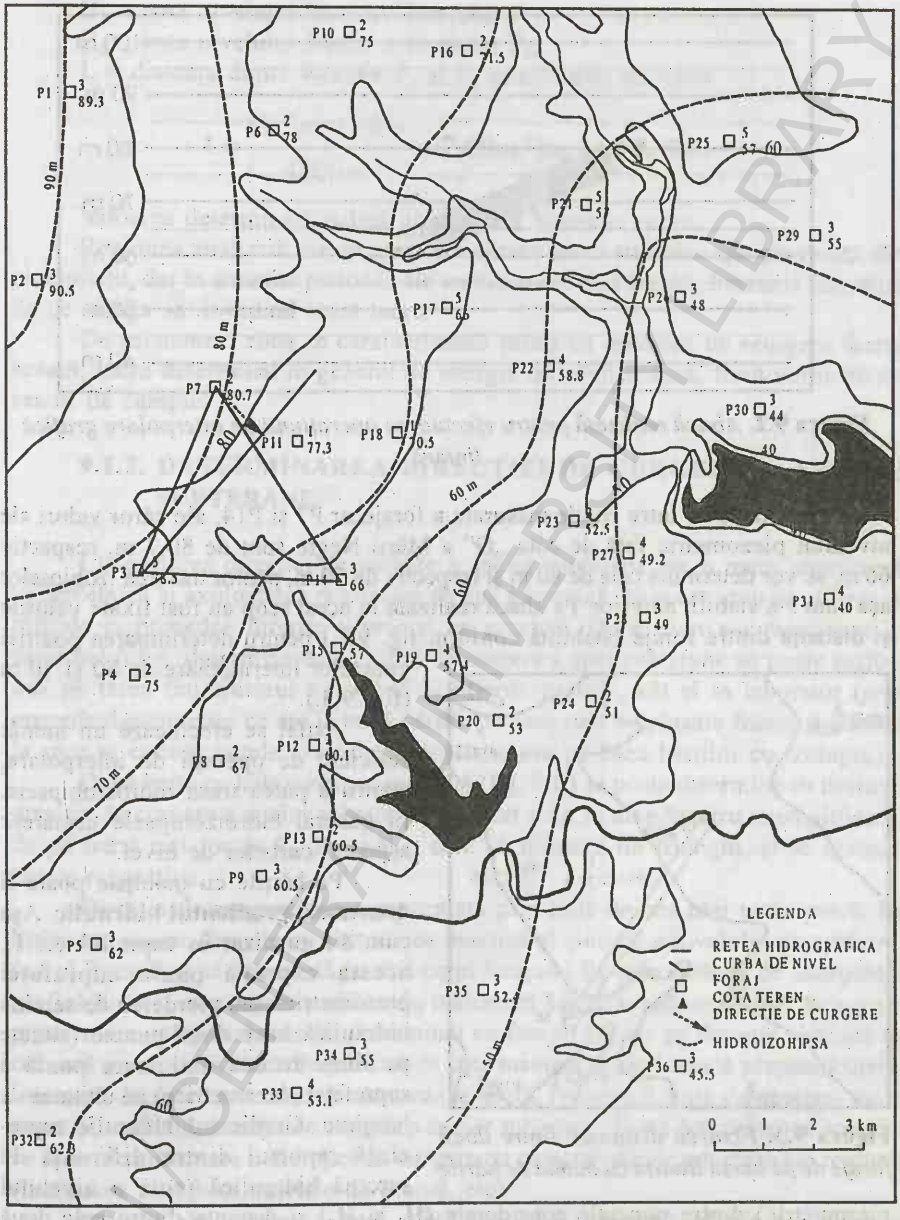


Fig 9.1. *Harta cu hidroizohipse a regiunii Baniţa (în dreptul forajelor valoarea marcată în colţul din dreapta sus reprezintă adâncimea nivelului piezometric, iar în colţul din dreapta jos cota altitudinală a nivelului piezometric; ambele valori sunt exprimate în m)*

ale căror cote de nivel piezometric se cunosc (fig. 9.3.). Astfel prin suprapunerea benzii de hârtie peste abacă, fixându-se capetele la valorile cunoscute se determină punctul cu valoarea căutată, intermediară celor din capete. Cotele se înscriu pe banda de hârtie şi apoi se transpun pe harta topografică pe aliniamentul forajelor.

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

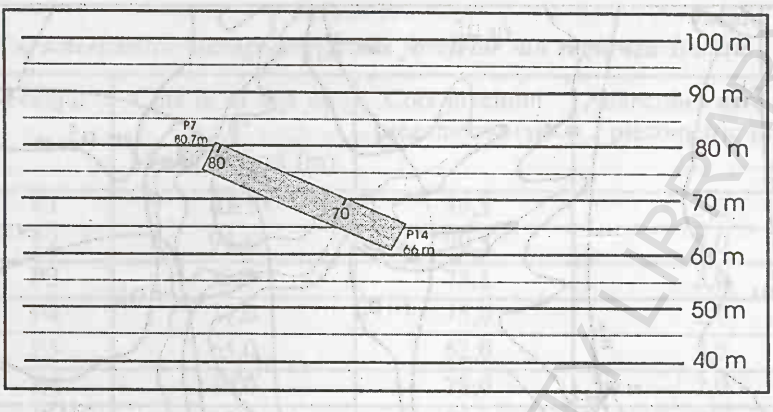


Figura 9.2. *Abacă realizată pentru efectuarea operațiunii de interpolare grafică liniară*

De exemplu, între cotele măsurate a forajelor P7 și P14, ale căror valori ale nivelului piezometric față de cota „O" a Mării Negre sunt de 80,7 m, respectiv 66 m, se vor determina cele de 80 m și respectiv de 70 m, pentru trasarea izohipselor așa cum s-a stabilit anterior. Pe abaca realizată în acest scop au fost fixate valorile și distanța dintre foraje (stabilită conform fig. 9.2.) pentru determinarea poziției punctelor intermediare de 80 și 70 m (fig. 9.3.).

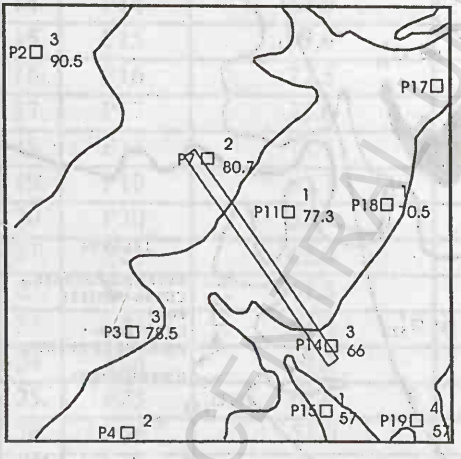


Figura 9.3. *Fixarea distanței dintre două foraje de pe harta Banița cu banda de hârtie*

Astfel se efectuează un număr suficient de operații de interpolare, pentru a putea trasa hidroizohipsele. În general hidroizohipsele urmăresc aspectul curbelor de nivel.

Pe hărțile cu izohipse poate fi determinat **gradientul hidraulic**. Așa cum s-a precizat în capitolul 6.5.1., acesta exprimă panta suprafeței piezometrice sau pierderea de sarcină hidraulică între două puncte (situate pe linia de cea mai mare pantă a suprafeței piezometrice) pe unitatea de lungime. Gradientul hidraulic reprezintă raportul dintre diferența de sarcină hidraulică (cotă a nivelului piezometric) dintre punctele considerate (H_1 și H_2) și distanța dintre cele două puncte (L):

$$I = (H_1-H_2)/L = \Delta H/L$$

Poate fi exprimat în m/km, ‰, % sau adimensional și variază între 0,03‰ - 50‰ (Castany, 1963).

Prin intermediul relației prezentate anterior pe harta din fig. 9.1. s-a calculat gradientul hidraulic între forajele P_1 și P_6:

$$I = \frac{H_1 - H_6}{L}, \text{ unde:}$$

H_1 – cota nivelului freatic a forajului P_1;
H_6 – cota nivelului freatic a forajului P_6;
L = distanța dintre forajele P_1 și P_6 determinată pe hartă

$$I = \frac{89,3m - 78m}{4200m} = 2,69m/km \text{ sau } 2,69‰.$$

Valoarea determinată indică un gradient hidraulic redus.

Regiunea analizată are ca sursă de alimentare a stratului apa provenită din precipitații, dar în anumite perioade ale anului și din râul Buzău, limanele fluviatile de pe stânga sa dovedind acest lucru.

De asemenea, zona se caracterizează printr-un gradient de scurgere foarte scăzut, lucru determinat în general de energia de relief redusă, fiind vorba de un sector de câmpie.

9.1.2. DETERMINAREA DIRECȚIEI DE CURGERE A APELOR SUBTERANE

Cunoașterea direcției de curgere a apelor subterane are o mare importanță în cercetarea și exploatarea resurselor de apă subterană. În acest scop se utilizează metode și procedee diferite tehnic și ca precizie. După cum s-a menționat în capitolul 6.5.4. determinarea direcției de curgere a apei subterane se poate realiza atât pe teren (cu ajutorul trasorilor de diferite tipuri) , cât și în laborator (prin procedeul geometric ce are la bază hărțile pe care sunt amplasate foraje și fântâni la care se cunosc cotele nivelului hidrostatic sau pe baza hărților cu izohipse).

După harta cu hidroizohipse realizată (fig. 9.1.) se poate determina cu ușurință direcția de curgere a apelor subterane. În acest scop se aleg, pentru exemplificare, de pe hartă trei foraje P_7, P_3 și P_{14}, care să formeze un triunghi, și se notează cotele respective.

Direcția de curgere este reprezentată prin linia de cea mai mare pantă. Pe linia care unește forajele cu altitudinea maximă și minimă a nivelului piezometric (adică P_7 cu P_{14}) se determină poziția cotei forajului P_3, prin metoda de interpolare grafică liniară, care deja s-a utilizat în realizarea hărții cu hidroizohipse. Se unește printr-o dreaptă punctul astfel determinat cu forajul P_3, iar pe dreapta obținută se coboară o perpendiculară din punctul cu cota maximă (P7). Această perpendiculară, orientată dinspre cota ridicată către cea scăzută, reprezintă linia de cea mai mare pantă și, totodată, direcția de curgere a apelor subterane. După determinarea acesteia se face o confruntare a direcției de curgere cu caracteristicile generale ale regiunii (înclinarea reliefului, rețelele de drenaj, etc).

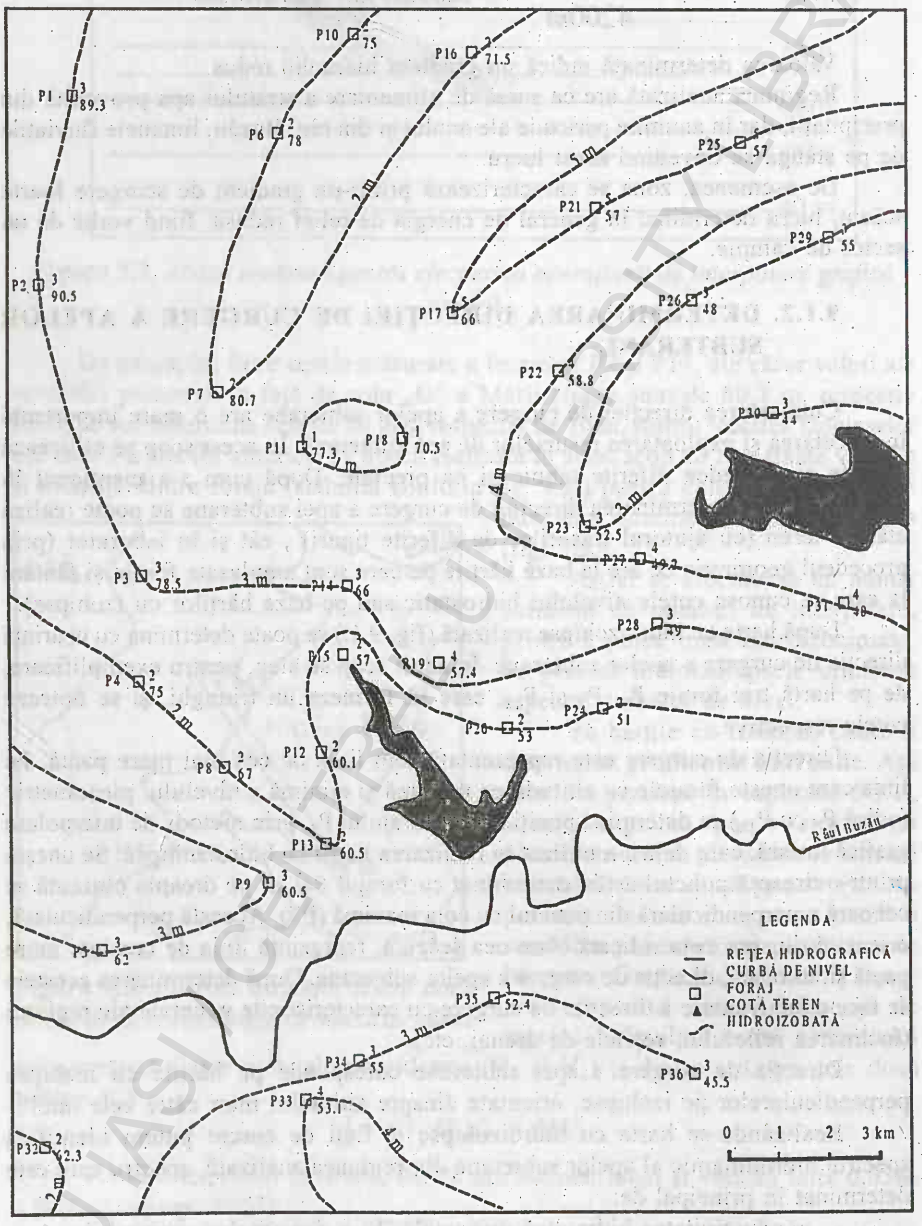
Direcția de curgere a apei subterane corespunde pe hărțile cu izohipse perpendicularelor pe izohipse, orientate dinspre altitudini mari către cele mici

Realizându-se harta cu hidroizohipse și linii de curent putem identifica spectrul hidrodinamic al apelor subterane din regiunea analizată, spectru care este determinat în principal de:

- conductivitatea hidraulică orizontală (k) a depozitelor permeabile;
- gradientul hidraulic (I), care este invers proporțional cu conductivitatea hidraulică;
- debitul unitar (q) și
- secțiunea de curgere.

9.1.3. ÎNTOCMIREA HĂRȚII CU HIDROIZOBATE

Harta cu hidroizobate (fig. 9.4.) prezintă liniile de egală adâncime a adâncimea nivelului piezometric (adâncime raportată la un reper fix de la suprafața



9.4. *Harta cu hidroizobate a regiunii Baniţa*
(în dreptul forajelor valoarea marcată în colțul din dreapta sus reprezintă adâncimea nivelului piezometric, iar în colțul din dreapta jos cota altitudinală a nivelului piezometric; ambele valori sunt exprimate în m)

BCU IAȘI CENTRU UNIVERSITY LIBRARY

topografică). În vederea trasării izobatelor pe harta topografică a regiunii analizate, se va înscrie pe hartă pentru fiecare foraj în parte adâncimea nivelului piezometric în metri (conform Tab. 10.1.). După cum am observat în elaborarea hărții cu hidroizohipse forajele sunt repartizate aproximativ uniform pe întreaga suprafață, dar lacurile existente în zonă vor influența puternic traseul hidroizobatelor. Hidroizobatele trasate vor avea valorile de 2, 3, 4 și 5 m în acest caz. Procedeul de trasare este același ca și în cazul hidroizohipselor, adică se unesc cu linii curbe punctele care au aceeași valoare, fără ca acestea să se intersecteze. Acolo unde este nevoie, valoarea hidroizobatei se va determina prin interpolare grafică, unindu-se astfel punctele care au aceeași valoare, reprezentând o serie de linii curbe de egală adâncime a nivelului piezometric.

Configurația unei hărți cu hidroizobate se poate modifica în cursul unui an datorită influențelor generate de sursele de alimentare.

Influența cea mai puternică resimțită în zona analizată este creșterea sau scăderea nivelului râului Buzău, dar și variabilitatea cantităților de precipitații ce cad în bazinele de recepție ale lacurilor.

Astfel iarna și vara, datorită unor cantități mici de precipitații și a unui nivel redus al debitului râului Buzău, nivelul piezometric scade. Creșteri se înregistrează însă primăvara în timpul viiturilor propagate pe cursul râului și toamna în urma precipitațiilor bogate. Aceste variații ale nivelului piezometric se pot pune în evidență și efectuând, sezonier, analize asupra caracteristicilor chimice ale apei, observându-se variațiile de mineralizare ale apei.

Rolul acestei hărți tematice îl constituie analiza apelor subterane și luarea de decizii privind modul de utilizare a terenurilor. În exemplul prezentat fiind vorba despre o regiune de câmpie putem afirma că harta poate furniza informații privind necesitatea și tipul de construcții utilizate în exploatarea agricolă a terenurilor – sisteme de irigații sau canale de desecare – sau pentru forarea de puțuri ce furnizează apa necesară localităților.

Se constată că în preajma râului Buzău nivelul piezometric al apelor subterane se află la o adâncime de circa 3 m datorită faptului că forajele sunt poziționate dincolo de albia majoră care are o diferență de nivel de circa 2 m. În partea centrală a arealului cercetat se constată o zonă unde apa subterană se află la o foarte mică adâncime de suprafața topografică a terenului. Acest lucru favorizează procesele de gleizare și sărăturare a solului, asociate cu evapotranspirația puternică.

9.2. TEME DE CONTROL

Tema 1. *HĂRȚILE HIDROGEOLOGICE*

Plan orientativ

1. Tipuri de date (informații) redate în cuprinsul hărților hidrogeologice.
2. Clasificarea hărților hidrogeologice.
3. Analiza unei hărți hidrogeologice sau a unui sector de hartă hidrogeologică.
   - 3.1. Date generale privind regiunea: localizare, condițiile de relief (geomorgologice), climatice etc.
   - 3.2. Condițiile hidrogeologice: tipuri de hidrostructuri (straturi acvifere), alcătuire, vârstă, extindre, grosimi, adâncimi, caracteristici hidrogeologice (porozitate, permeabilitate, transmisivitate ș.a.).

3.3. Aprecieri asupra nivelului apelor subterane şi regimului său de variaţie (se vor efectua pe baza izohipselor, izobatelor, a datelor care însoţesc forajele, a graficelor de variaţie a nivelului hidrostatic).

3.4. Aprecieri asupra debitelor apelor subterane (pe baza datelor ce însoţesc forajele şi izvoarele de pe hartă).

3.5. Caracteristici hidrochimice ale apelor subterane (pe baza datelor ce însoţesc forajele şi izvoarele sau a hărţilor speciale anexe hărţii hidrogeologice).

Bibliografie de referinţă

Castany G. (1972), *Prospecţiunea şi exploatarea apelor subterane*, Ed. Tehnică, p. 425 – 440.

Pişota I., Buta I., (1983), *Hidrologie*, Ed. Didactică şi Pedagogică. Bucureşti.

Pişota, I., (1995), *Hidrologie*, Tipografia Universităţii din Bucureşti.

Pişota I., Zaharia L. (2001, 2002), *Hidrologie*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

Preda, I., Maroşi, P. (1971), *Hidrogeologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

* * * *Hărţi hidrogeologice* la diferite scări (1:50 000; 1:100 000; 1:200 000 ş.a.).

Tema 2. ***APELE MINERALE DIN ROMÂNIA ŞI IMPORTANŢA LOR***

Plan orientativ

1. Definiţia şi geneza apelor minerale.

2. Răspândirea geografică a izvoarelor minerale din România.

Pe baza hărţii „Apele minerale din România" (Anexa 1) se vor grupa localităţile cu izvoare minerale în funcţie de tipul izvoarelor şi de repartiţia lor la nivelul principalelor unităţi fizico-geografice ale României:

- Carpaţii Orientali
- Carpaţii Meridionali
- Carpaţii Occidentali
- Subcarpaţii Moldovei
- Subcarpaţii Curburii
- Subcarpaţii Getici, Podişul Getic, Podişul Mehedinţi
- Depresiunea Colinară a Transilvaniei
- Podişul Moldovei
- Podişul Dobrogei
- Dealurile şi Câmpia de Vest
- Câmpia Română.

Se va analiza ponderea deţinută de numărul localităţilor cu izvoare minerale la nivelul fiecărei unităţi fizico-geografice, din numărul total de localităţi identificate la nivelul ţării.

3. Apele minerale radioactive.

Formarea apelor radioactive. Repartiţia localităţilor cu izvoare radioactive la nivelul principalelor unităţi fizico-geografice ale României (precizate anterior), în funcţie de gradul de radioactivitate (pe baza hărţii „Apele minerale radioactive din România" – Anexa 2).

4. Importanţa apelor minerale.

Bibliografie de referinţă

Pişota I., Buta I., (1983), *Hidrologie*, Ed. Didactică şi Pedagogică. Bucureşti.
Pişota, I., (1995), *Hidrologie*, Tipografia Universităţii din Bucureşti.
Pişota I., Zaharia L. (2001, 2002), *Hidrologie*, Ed. Universităţii din Bucureşti.
Pricăjan, A., (1972), *Apele minerale şi termale din România*, Editura Tehnică, Bucureşti.
Preda, I., Ţenu, A. (1981), *Resurse de ape minerale şi termale*, Centrul de multiplicare al Universităţii Bucureşti.
Vernescu, M. (1988), *Apele minerale*, Editura Tehnică, Bucureşti.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A TREIA

HIDROLOGIA RÂURILOR

Obiective:

Această parte are drept scop familiarizarea studenților cu cunoștințele de bază din domeniul hidrologiei râurilor (potamologiei). În primele patru capitole sunt expuse aspecte caracteristice privind bazinul hidrografic, rețeaua hidrografică, văile fluviatile și dinamica apei râurilor. În continuare sunt prezentați principalii parametri hidrologici (nivelul apei, debitul lichid, debitul de aluviuni, temperatura apei și fenomenele de îngheț, chimismul apei), modalitățile de măsurare, prelucrare și analiză a lor. O atenție deosebită se acordă procesului de scurgere a apei, evidențiindu-se sursele de alimentare, factorii formării scurgerii, modalitățile sale de exprimare, tipurile de scurgere (medie, maximă, minimă), fenomenele hidrologice extreme. Sunt prezentate, de asemenea, caracteristicile regimului hidrologic și aspectele specifice bilanțului hidrologic al râurilor. Ultimul capitol cuprinde lucrări practice în cuprinsul cărora este prezentat în mod detaliat, cu exemple concrete, modul de aplicare a cunoștințelor teoretice în determinarea caracteristicilor morfometrice ale bazinelor și rețelei hidrografice și în calcularea debitului de apă.

10. BAZINUL HIDROGRAFIC ȘI ELEMENTELE SALE CARACTERISTICE

Bazinul hidrografic sau de recepție reprezintă spațiul geografic de pe care un sistem fluviatil (alcătuit dintr-un râu colector și afluenții săi) își adună apele. Prin caracteristicile sale, bazinul hidrografic își pune puternic amprenta asupra desfășurării și particularităților proceselor și fenomenelor hidrologice. Din acest motiv el constituie o unitate de referință de o importanță deosebită în întocmirea studiilor hidrologice.

Bazinele hidrografice pot fi superficiale (de suprafață) și subterane. Cele de suprafață corespund arealului de pe spațiul căruia se realizează alimentarea din surse superficiale, în timp ce bazinele subterane se suprapun teritoriului de pe care se asigură alimentarea râului din surse subterane.

Bazinele superficiale și cele subterane, în general, nu coincid ca extindere. În activitatea hidrologică se analizează, îndeosebi, bazinele de suprafață, care sunt mai ușor de delimitat. Bazinele subterane se determină mai dificil (pe baza realizării de lucrări geologice și hidrogeologice de teren), iar studierea lor este impusă de situații particulare.

10.1. CUMPĂNA DE APE

Cumpăna de ape reprezintă linia care delimitează un bazin hidrografic. Ea este mult mai ușor de stabilit în cazul bazinelor superficiale, pe baza hărților topografice. Cumpăna de ape superficială are un aspect sinuos și se obține prin unirea (pe hartă) a punctelor cu cele mai mari altitudini, intersectând perpendicular

curbele de nivel (începând de la gura de vărsare a râului sau de la un punct stabilit pe cursul său) (fig. 10.1).

În caracterizarea cumpenelor de ape pot fi luate în considerare mai multe elemente, precum: aspectul lor, lungimea, înălțimea (maximă, medie), panta medie, gradul de sinuozitate (este exprimat cu ajutorul unui coeficient, care este, în același timp, un indice de formă a bazinului).

➢ **Lungimea cumpenei de ape** coincide cu perimetrul bazinului hidrografic și are valori diferite, în funcție de dimensiunea bazinului și de gradul de sinuozitate a cumpenei.

➢ **Înălțimea maximă** corespunde celei mai mari altitudini absolute situate de-a lungul cumpenei, în timp ce **înălțimea medie** (H_{med}) se calculează ca medie aritmetică a înălțimilor medii ale vârfurilor (H_{medv}) și a înălțimilor înșeuărilor (H_{meds}):

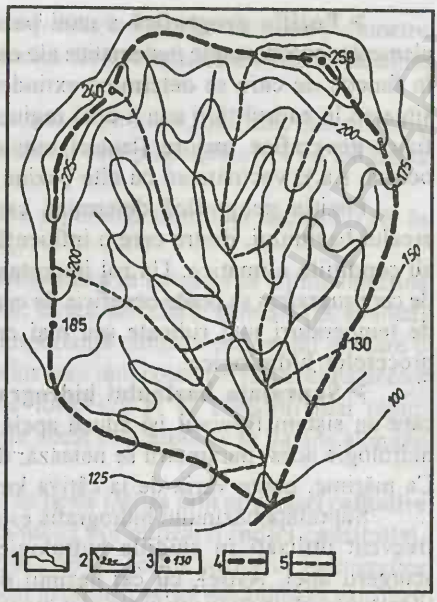


Fig. 10.1. *Delimitarea bazinelor hidrografice prin trasarea cumpenelor de ape: 1 – rețea hidrografică; 2 – curbă de nivel; 3 – cotă altimetrică; 4 – cumpănă de ape principală; 5 – cumpănă de ape secundară.*

$$H_{med} = \frac{H_{medv} + H_{meds}}{2}.$$

O valoare orientativă a înălțimii medii a cumpenei de ape se obține și prin medierea aritmetică a cotelor înscrise pe ea.

➢ **Panta medie a cumpenei apelor** se calculează cu ajutorul relației (I. Zăvoianu, 1978):

$$P_{med} = \frac{2H}{p},$$

unde: H = înălțimea maximă a cumpenei de ape (m); p = perimetrul (lungimea) cumpenei de ape (km).

În funcție de ordinul de mărime al bazinului pe care-l delimitează, cumpenele de ape pot fi principale (când delimitează bazine ale râurilor colectoare) și secundare (când separă bazine ale afluenților de diferite ordine ai râului principal).

10.2. ELEMENTELE CE CARACTERIZEAZĂ BAZINUL HIDROGRAFIC

Particularitățile proceselor și fenomenelor hidrologice dintr-un bazin hidrografic sunt determinate de caracteristicile pe care acesta le prezintă și anume: poziția geografică, suprafață, lungime, lățime, formă, grad de asimetrie, înălțime, pantă, densitate a rețelei hidrografice, grad de acoperire cu păduri, lacuri, mlaștini ș.a.

BCU CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

➢ **Poziția geografică** a unui bazin hidrografic este definită de mai multe elemente: coordonatele matematice ale extremităților din cele patru puncte cardinale, în funcție de care se determină extinderea bazinului în latitudine și longitudine; situarea în cadrul țării sau a unei regiuni geografice; așezarea în raport cu unități fizico-geografice majore (lanțuri muntoase, bazine depresionare, câmpii, mări, oceane ș.a.); vecinătatea cu alte bazine hidrografice.

Poziția geografică determină caracteristicile componentelor naturale din arealul bazinului, dintre care o influență majoră asupra elementelor hidrologice o au condițiile climatice. Un rol important îl are și orientarea bazinului, în funcție de care suprafața sa poate beneficia de cantități mai mari sau mai mici de precipitații, de temperaturi mai ridicate sau mai crescute etc., reflectate de particularitățile proceselor hidrologice.

➢ **Suprafața bazinului hidrografic** reprezintă mărimea teritoriului de pe care un sistem fluviatil își adună apele și este delimitată de cumpăna apelor. În hidrologie acest parametru se notează, de regulă, cu litera F și se exprimă în km^2. Ca mărime, poate varia de la câțiva km^2 la peste 1 mil. km^2.

Suprafața bazinului hidrografic este unul din indicii morfometrici ai bazinului frecvent utilizați în studiile hidrologice, datorită rolului său important asupra scurgerii apei. Astfel, cu cât bazinul de recepție este mai mic, cu atât regimul hidrologic al râului reflectă mai bine aportul surselor de alimentare (pluviale și nivale). O dată cu creșterea suprafeței, efectul precipitațiilor și al topirii stratului de zăpadă este mai întârziat, iar variabilitatea scurgerii mai atenuată.

Pe baza corelațiilor care se stabilesc între suprafața bazinului și diferiți parametri hidrologici se realizează sinteze hidrologice pentru diverse teritorii.

Suprafața unui bazin hidrografic se determină pe baza hărților, prin diferite metode: a figurilor geometrice, a pătratelor, prin planimetrare sau prin prelucrare computerizată, pe baza hărților digitale.

În arealul unui bazin principal prin trasarea cumpenelor de ape secundare, se delimitează **suprafețe bazinale** (ale afluenților de diferite ordine) și **interbazinale.** Structura bazinului principal poate fi redată sintetic cu ajutorul ***graficului circular de repartizare a suprafețelor bazinului,*** iar distribuția spațială a bazinelor secundare și a suprafețelor interbazinale în cadrul bazinului principal și în raport cu râul colector este ilustrată de ***epura bazinului hidrografic*** (graficul de creștere a bazinului în funcție de lungimea râului principal). Aceasta permite determinarea rapidă și suficient de precisă a suprafeței bazinului corespunzătoare unei anumite lungimi a râului principal.

➢ **Lungimea bazinului hidrografic** este utilizată în caracterizarea dimensională a bazinului hidrografic și în definirea formei sale. Pentru determinarea acestui parametru în literatura de specialitate sunt indicate diferite metode, cu un grad mai mare sau mai mic de obiectivitate.

În practica hidrologică se utilizează frecvent lungimea maximă a bazinului (L, în km), considerată a fi distanța (măsurată pe hartă) de la gura de vărsare a râului principal până la cel mai îndepărtat punct de pe cumpăna de ape, pe direcția generală izvor-gură de vărsare. În funcție de forma bazinului, lungimea (care nu depășește limitele bazinului) poate fi o linie dreaptă (în cadrul bazinelor de formă regulată) sau frântă (dacă forma bazinului este neregulată). În ultimul caz, pentru o precizie sporită, lungimea se trasează prin unirea punctelor mediane ale suprafeței bazinului, care se stabilesc pe hartă cu ajutorul unei rigle sau a paletei cu cercuri concentrice (metodă propusă de B.A. Apollov, 1963, citat de I. Zăvoianu, 1978).

➢ **Lăţimea bazinului hidrografic**, ca şi lungimea, reprezintă un parametru morfometric utilizat în definirea formei bazinului. Se pot considera o lăţime maximă şi una medie.

Lăţimea maximă (l_{max}, în km) se determină pe hartă, ca fiind dreapta care uneşte cele mai îndepărtate puncte ale bazinului şi este perpendiculară pe lungimea acestuia.

Lăţimea medie (l_{med}, în km) se obţine raportând suprafaţa bazinului (F, în km^2) la lungimea sa (L, în km): $l_{med} = F/L$.

➢ **Forma bazinului hidrografic.** Desfăşurarea în lungime şi lăţime imprimă bazinelor hidrografice forme diferite: alungită, turtită, circulară, palmată (de evantai) ş.a. Forma bazinelor de recepţie prezintă importanţă datorită influenţei pe care o exercită asupra timpilor de concentrare a apelor spre râul colector. În cazul bazinelor dezvoltate îndeosebi în lăţime, viiturile se formează şi se transmit mai rapid, având o forţă erozivă şi de transport mai mare decât cele produse în bazine alungite (restul condiţiilor naturale fiind similare).

Stabilirea formei unui bazin hidrografic se poate realiza prin **aprecieri calitative** (observarea reprezentării cartografice a bazinului) sau utilizând **indici cantitativi.**

Determinarea de indici cantitativi care se exprime forma bazinelor hidrografice a stat în atenţia mai multor specialişti, astfel încât în prezent există posibilitatea calculării unor astfel de indici prin mai multe relaţii care utilizează, în majoritatea lor, trei parametri morfometrici ai bazinului: suprafaţa, lungimea şi perimetrul (lungimea cumpenei de ape). Dintre aceste relaţii (menţionate de I. Zăvoianu, 1978), amintim:

- ***factorul de formă*** (propus de R.E. Horton): $F_f = F/L^2$;
- ***raportul de circularitate*** (introdus de V.C. Miller): $R_c = F/F_c = 4\pi F/P^2$;
- ***raportul de alungire*** (preconizat de S.A. Schumm): $R_a = D_c/L$;
- ***coeficientul de dezvoltare (sinuozitate) a cumpenei de ape*** (iniţiat de H.I. Cebotarev):

$$k_s = P/L_c = P/2\sqrt{\pi F} = 0{,}282P\sqrt{F}\ .$$

Alături de relaţiile menţionate mai sunt utilizate diferite raporturi, precum: ***B/L; B/*** $\sqrt{F}$ ***;*** $\sqrt{F}$ ***/L*** (C. Diaconu, P. Şerban, 1994).

Simbolurile utilizate în expresiile prezentate semnifică: F = suprafaţa bazinului hidrografic (în km^2); L = lungimea bazinului hidrografic (în km); F_c = suprafaţa cercului cu lungime egală cu perimetrul bazinului hidrografic (în km^2); P = perimetrul bazinului hidrografic (lungimea cumpenei de ape) (în km); D_c = diametrul cercului cu aceeaşi suprafaţă cu a bazinului (în km); B = lăţimea medie a bazinului hidrografic (B = F/L, în km).

Primii doi indici (F_f şi R_c) sunt subunitari, cu valori din ce în ce mai mici pe măsură ce gradul de alungire a bazinului creşte. Raportul de alungire (R_a) indică dezvoltarea în lungime a bazinelor când este mai mic de 1,27; dacă este depăşită această valoare, bazinul tinde spre o formă circulară. În funcţie de raportul de formă (R_f) se disting trei categorii de bazine: alungite ($R_f < 1$), pătrate ($R_f = 1$) şi rotunde (R_f este cuprins între 1 şi 1,274). În ceea ce priveşte raporturile B/L, B/$\sqrt{F}$ şi $\sqrt{F}$ /L, acestea au valori subunitare în cazul bazinelor alungite şi supraunitare în situaţia celor dezvoltate mai mult în înălţime.

➢ **Gradul de asimetrie** oferă o imagine sintetică asupra modului în care suprafaţa bazinului este distribuită faţă de axa principală de drenaj. El poate fi apreciat calitativ (prin observarea reprezentării cartografice a bazinului) şi cantitativ, prin determinarea coeficientului de asimetrie (k_{as}). Acesta se calculează pe baza

cunoaşterii suprafeţelor celor două maluri (malul stâng - F_s şi malul drept - F_d), utilizând relaţia:

$$K_{as} = \frac{F_s - F_d}{(F_s + F_d)/2} \text{ sau } K_{as} = \frac{2(F_s - F_d)}{F}.$$

Când suprafeţele celor două maluri sunt aproximativ egale, K_{as} tinde către zero şi bazinul se consideră simetric.

➢ **Altitudinea bazinului hidrografic** este un parametru morfometric cu o influenţă deosebită asupra proceselor hidrologice. De ea sunt dependente aproape toate fenomenele meteorologice, ceea ce se reflectă apoi asupra caracteristicilor elementelor hidrologice.

În caracterizarea unui bazin din punct de vedere altimetric pot fi utilizaţi următorii parametri: ***altitudinea maximă*** (situată, de obicei, pe cumpăna de ape), ***altitudinea minimă*** (ce corespunde gurii de vărsare a râului principal) şi ***altitudinea medie***.

De o importanţă deosebită este cunoaşterea ***altitudinii medii a bazinului de recepţie*** (H_{med}). Prin corelarea ei cu diferiţi parametri hidrometeorologici (debite lichide şi de aluviuni, coeficienţi de variaţie a scurgerii, temperaturi ale apei şi aerului, precipitaţii ş.a.) se realizează sintezele hidrologice, larg utilizate în activitatea practică. Una dintre cele mai folosite corelaţii este cea dintre altitudinea medie a bazinului hidrografic (H_{med}) şi scurgerea lichidă specifică (q_o), care permite determinarea indirectă a debitului de apă corespunzător diferitelor altitudini medii ale bazinelor de recepţie (fig. 10.2.).

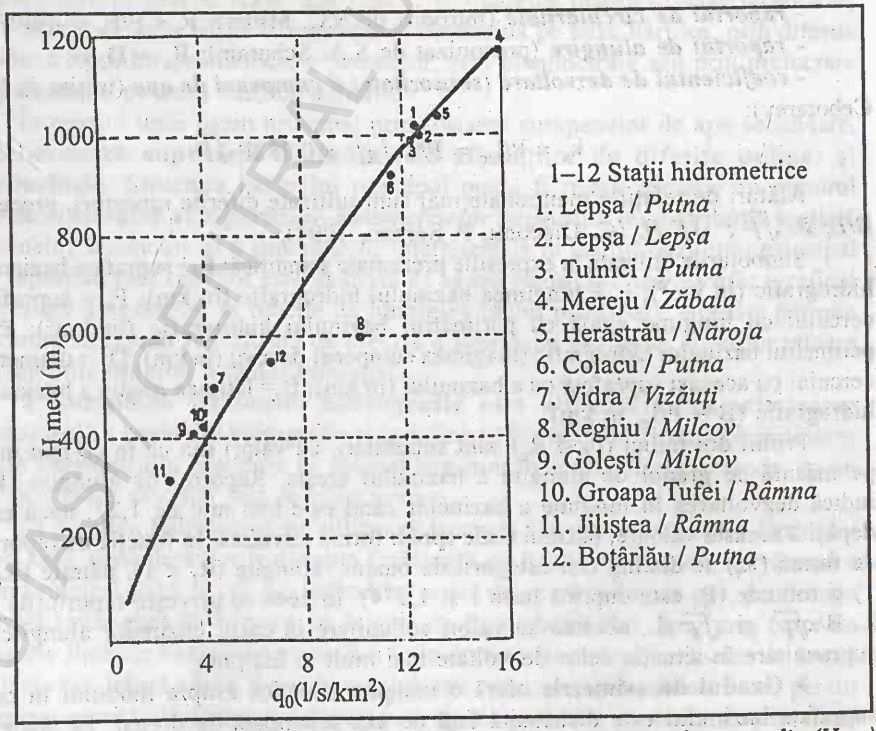


Fig. 10.2. *Corelaţia dintre scurgerea specifică medie (q_o) şi altitudinea medie (H_{med}) în bazinul râului Putna: $q_o = f(H_{med})$.*

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Calcularea rapidă a altitudinii medii a unui bazin se realizează prin medierea aritmetică a altitudinilor extreme (maximă şi minimă) din bazin:

$$H_{med} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \text{ [m].}$$

Această metodă oferă o valoare orientativă a altitudinii medii. Pentru o precizie sporită se utilizează formula:

$$H_{med} = \frac{\sum f_i h_i}{\sum f_i} \text{ [m] sau } H_{med} = \frac{\sum f_i h_i}{F} \text{ [m],}$$

în care: f_i = suprafaţa parţială delimitată de două curbe de nivel învecinate (în km^2); h_i = media aritmetică a altitudinilor curbelor de nivel ce delimitează suprafaţa f_i (în km);

Valorile celor doi parametri se determină pe baza hărţilor cu curbe hipsometrice (fig. 10.3.).

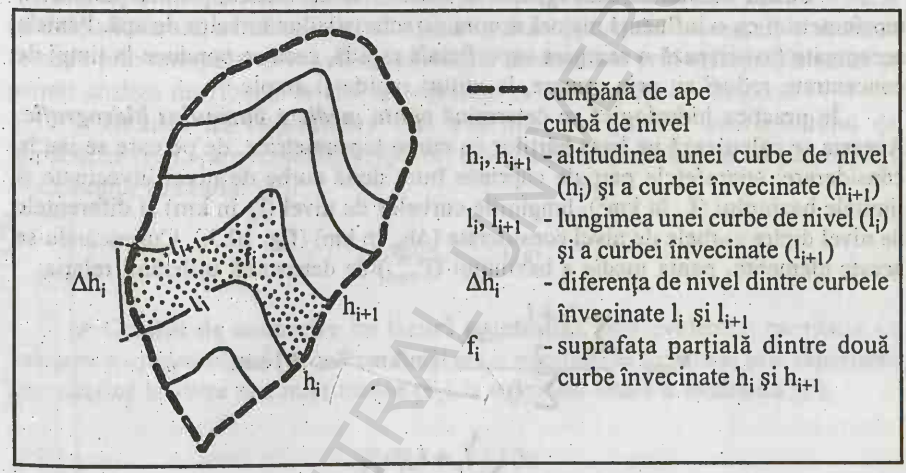


Fig. 10.3. *Elementele necesare determinării altitudinii medii şi pantei medii ale bazinului hidrografic.*

În caracterizarea unui bazin hidrografic din punct de vedere altitudinal se analizează şi distribuţia suprafeţei bazinului pe trepte altimetrice. În acest scop se calculează suprafeţele corespunzătoare treptelor de altitudine stabilite (de obicei între curbele de nivel principale). Valorile astfel determinate, exprimate în km^2 sau în procente (prin raportare la suprafaţa totală a bazinului), se transpun într-un sistem de axe rectangulare, în care pe abscisă se reprezintă suprafaţa (în km^2 sau %), iar pe ordonată, altitudinile (în m). Rezultă astfel ***graficul distribuţiei suprafeţei bazinului pe trepte de altitudine*** (fig. 10.4.).

Prin cumularea suprafeţelor aferente fiecărei trepte altimetrice dinspre altitudinile mari spre cele mici, transpunerea valorilor astfel obţinute pe graficul realizat anterior (suprafeţele cumulate corelate cu altitudinile corespunzătoare) şi unirea punctelor înscrise pe grafic se obţine ***curba hipsografică a bazinului*** (fig. 10.4.). Aceasta oferă posibilitatea determinării rapide şi destul de precise a suprafeţei bazinului (în km^2 sau %) situate deasupra unei altitudini considerate.

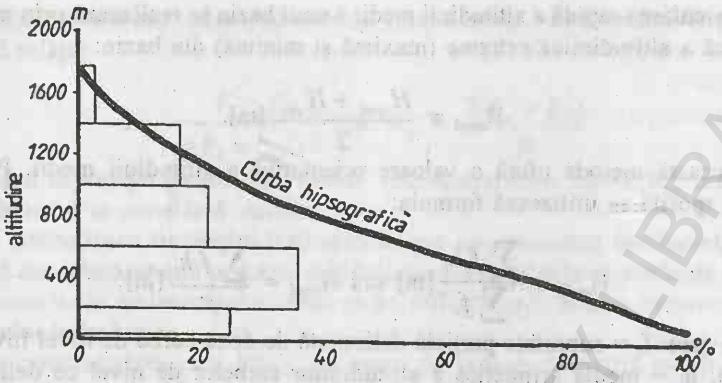


Fig. 10.4. *Curba hipsografică a bazinului Putnei şi distribuţia suprafeţelor pe trepte de altitudine*

➢ **Panta bazinului hidrografic** se înscrie, de asemenea, printre parametrii morfometrici cu o influenţă majoră asupra caracteristicilor surselor de apă. Pantele accentuate favorizează o scurgere superficială rapidă, ceea ce conduce la timpi de concentrare reduşi şi, prin urmare, la viituri rapide şi ample.

În practica hidrologică se determină ***panta medie a bazinului hidrografic***. Aceasta se calculează pe baza hărţilor cu curbe hipsometrice, de pe care se iau în considerare: suprafeţele parţiale cuprinse între două curbe de nivel învecinate şi limitele bazinului (f_i, în km^2), lungimile curbelor de nivel (l_i, în km) şi diferenţele de nivel dintre curbele de nivel considerate (Δh_i, în km) (fig. 10.3.). Cunoscându-se aceste elemente, panta medie a bazinului (P_{med}) se determină utilizând relaţia:

$$P_{med} = \frac{\sum \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \Delta h_i}{\sum f_i} \text{ [m/km; ‰; \%] sau}$$

$$P_{med} = \frac{\sum \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \Delta h_i}{F}.$$

În cazul în care Δh_i este constant, reprezentând echidistanţa curbelor de nivel (ΔH), relaţia de determinare a pantei medii a bazinului este de forma (C. Diaconu, P. Şerban, 1994):

$$P_{med} = \frac{\Delta H(\frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + ... + l_{n-1} + \frac{l_n}{2})}{F}.$$

➢ **Densitatea reţelei hidrografice** se înscrie ca un important indice cantitativ ce caracterizează în acelaşi timp bazinul şi reţeaua hidrografică. Notată simbolic cu D şi exprimată în km/km^2, ea reprezintă raportul dintre lungimea totală a cursurilor de apă permanente (ΣL) de pe un teritoriu (frecvent un bazin hidrografic) şi suprafaţa lui (F): $D = \Sigma L/F$.

Valoarea acestui indice reflectă, pe de o parte, gradul de fragmentare a reliefului, iar pe de altă parte, oferă posibilitatea aprecierii resurselor de apă dintr-un anumit areal şi permite identificarea zonelor de concentrare a scurgerii.

Densitatea rețelei hidrografice poate fi determinată și analizată prin mai multe metode: pe bazine hidrografice, metoda pătratelor și cea a izodenselor.

Metoda determinării densității rețelei hidrografice pe bazine a fost inițiată de geograful german Neumann, în 1900. Ea se poate aplica pentru bazine de diferite ordine, pentru care se obține valoarea densității aplicând relația menționată mai sus. Această metodă prezintă inconvenientul că prin determinarea densității pe bazine secundare, în cuprinsul bazinului principal rămân areale neluate în considerare și anume suprafețele interbazinale.

Metoda pătratelor permite o analiză a distribuției rețelei hidrografice pe întreg spațiul considerat, în cuprinsul căruia se realizează un caroiaj de pătrate. În fiecare pătrat se calculează densitatea rețelei hidrografice aplicând formula cunoscută. Pentru o reprezentare grafică sub formă de hartă, în funcție de valorile obținute în pătrate, se stabilesc intervale de valori ale densității și fiecăruia i se atribuie o haşură sau culoare. Pe hartă, fiecare pătrat va fi haşurat sau colorat corespunzător intervalului de valori în care se încadrează densitatea sa.

Metoda izodenselor (izomacrelor) presupune trasarea în limitele unui bazin (sau ale altui areal) a liniilor de egală valoare a densității rețelei hidrografice. Acestea se obțin prin interpolarea valorilor densităților determinate prin metoda pătratelor și permit analiza distribuției rețelei hidrografice în întreg spațiul considerat.

➢ **Gradul de împădurire** este exprimat cu ajutorul coeficientului de împădurire (K_p), care reprezintă raportul dintre suprafața acoperită cu păduri (F_p) și suprafața bazinului (F):

$$K_p(\%) = \frac{F_p}{F} 100.$$

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

➢ **Gradul de acoperire cu lacuri și mlaștini.** este evidențiat cantitativ de valoarea *coeficientului de acoperire cu lacuri și mlaștini* (K_l), calculat prin raportarea suprafețelor lacustre sau mlăștinoase (F_l) la suprafața totală a bazinului (F):

$$K_l(\%) = \frac{F_l}{F} 100.$$

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Ce reprezintă bazinul hidrografic și de câte feluri poate fi?*
2. *Cum se trasează cumpăna de ape pe o hartă topografică? Să se schițeze modul de delimitare a unui bazin hidrografic, considerând ca elemente ajutătoare o rețea hidrografică (alcătuită dintr-un rîu colector și 2 afluenți de ordinul întâi pe fiecare parte), 4-5 curbe de nivel și 3-4 cote altimetrice.*
3. *Care sunt principalele elemente care caracterizează un bazin hidrografic și cum se determină acestea?*

11. REȚEAUA HIDROGRAFICĂ

Prin **rețea hidrografică** se înțelege, în sens larg, totalitatea organismelor fluviatile dintr-un bazin de recepție sau o regiune (cursuri de apă permanente, temporare, torenți, canale, lacuri naturale și artificiale, bălți și mlaștini). Frecvent însă, prin rețea hidrografică se desemnează un **sistem fluviatil** sau **sistem de râuri** care cuprinde un râu colector și afluenții săi de diferite ordine.

Sistemele fluviatile, în funcție de locul de vărsare (de nivelul de bază), se împart în două categorii: sisteme fluviatile independente (care își varsă apele direct în ocean, mare sau lac) și sisteme fluviatile dependente (se varsă în alte râuri).

11.1. PRINCIPALELE FORME DE SCURGERE A APEI

Scurgerea apei pe suprafața terestră se poate realiza sub diferite forme, unele cu caracter temporar, altele cu caracter permanent.

11.1.1. APELE CU SCURGERE TEMPORARĂ

Apele cu scurgere temporară cuprind apele de șiroire și torenții.

➢ **Apele de șiroire** iau naștere în timpul ploilor torențiale sau în perioada ploilor de lungă durată. Ele se formează pe pantele ușor înclinate. Șiroirea se produce sub forma unor șuvițe de apă care nu au un curs stabil. După fiecare ploaie apele își formează un nou făgaș care nu este prea adânc. Pe terenurile lipsite de vegetație (dezgolite) are loc procesul de spălare a solului, iar materialele rezultate din efectul eroziunii sunt depuse la baza pantelor înclinate. Dacă ploile au o durată și o frecvență mai mare, atunci drumul (cursul) format de apele de șiroire începe să se adâncească și aceasta să conducă la degradarea terenurilor prin apariția de rigole, ravene și ogașe.

➢ **Torenții** sunt cursuri de apă cu scurgere temporară și se formează, de regulă, primăvara după topirea bruscă a zăpezilor sau în orice anotimp, după ploi abundente ori torențiale. Cel mai frecvent însă torenții se formează în regiunile caracterizate prin declivități pronunțate (muntoase, de deal și de podiș).

La un torent se individualizează trei sectoare: bazinul de recepție, canalul de curgere și conul de dejecție ori agestrul.

Bazinul de recepție este partea superioară a organismului torențial, unde, în timpul ploilor, acesta acționează foarte intens, prin procesul de eroziune regresivă. El cuprinde o îngemănare de rigole, ravene și ogașe prin care se concentrează apele de șiroire.

Canalul de scurgere ocupă partea mijlocie a torentului și prin el apele colectate în bazinul de recepție sunt concentrate și deplasate către poalele versantului. În cuprinsul său apele acționează printr-o eroziune lineară, adâncind astfel canalul care devine din ce în ce mai pronunțat, cu pereți abrupți, sub forma literei „V".

Conul de dejecție (agestrul) are o formă de evantai, ușor bombată la partea mijlocie și se formează din materialele transportate și depuse de apele torentului. În materialul sedimentar care se depune se acumulează o importantă rezervă de apă, care este folosită în alimentarea centrelor populate și industriale.

Torenții au o acțiune negativă asupra scoarței terestre și activităților social-economice, prin faptul că afectează terenurile agricole, pomicole, așezările omenești, căile de comunicație.

11.1.2. APELE CU SCURGERE PERMANENTĂ

Apele cu scurgere permanentă sunt reprezentate prin pâraie, râuri şi fluvii. Ele se alimentează din apele din precipitaţii şi din surse subterane şi au debite variabile în funcţie de regimul alimentării.

Râul este o noţiune care cuprinde toate organismele hidrografice cu scurgere permanentă. În anumite condiţii (climatice, litologice) pot fi lipsite însă de apă, pe perioade mai lungi sau mai scurte, având astfel caracter intermitent sau temporar. Scurgerea se realizează prin albia minoră pe un profil longitudinal cu înclinarea generală din zona cea mai înaltă (regiunea de izvoare), spre zona cea mai coborâtă (regiunea de vărsare).

La orice râu se remarcă trei componente principale care se deosebesc de cele ale torenţilor sau ale apelor de şiroire: izvorul, cursul şi gura de vărsare.

➢ **Izvorul** unui râu poate fi constituit dintr-un izvor propriu-zis (locul de apariţie la suprafaţă a apei subterane), dar şi din alte unităţi acvatice: o suprafaţă mlăştinoasă, un lac. El mai poate fi constituit din limba unui gheţar sau dintr-un petec de zăpadă care nu se topeşte de la un an la altul. Uneori, izvorul unui râu este considerat punctul de confluenţă a două pâraie. Un exemplu îl constituie Obârşia Lotrului, formată din unirea a două pâraie care provin din două lacuri glaciare: Zănoaga şi Câlcescu. O situaţie asemănătoare o prezintă şi Someşul Mic, al cărui izvor este considerat după confluenţa celor două Someşe: Rece şi Cald.

➢ **Cursul râurilor** corespunde, în general, albiei minore. El prezintă caracteristici diferite de la izvor la gura de vărsare, motiv pentru care este împărţit în sectoare - superior, mijlociu şi inferior – corespunzătoare, de regulă, unităţilor majore de relief traversate.

• ***Cursul superior*** se desfăşoară în regiunea cea mai înaltă a râului (în zona montană sau deluroasă). Aici, albia minoră are un profil longitudinal cu panta mare, între 25 şi 200 m/km, iar patul albiei prezintă rugozităţi, rupturi, cascade şi repezişuri. Profilul transversal al văii are forma literei „V" ascuţită. Procesul de eroziune se manifestă puternic în adâncime (verticală), iar materialele erodate sunt transportate de apele râului prin târâre, iar la viituri şi prin rostogolire.

• ***Cursul mijlociu*** continuă în aval pe cel superior şi este specific regiunilor de deal şi podiş, adică reliefului cu altitudine medie. Aici valea se lărgeşte, se conturează mai bine albia minoră, albia majoră terasele şi versanţii. Procesul de eroziune se manifestă atât pe linie verticală cât şi pe plan orizontal. Aceasta conduce la formarea malurilor concave şi convexe, începând astfel să aibă loc meandrarea cursului de apă. Materialele rezultate din eroziune sunt transportate în suspensie, iar la apele foarte scăzute, sunt târâte. Profilul longitudinal are patul albiei ceva mai uniform, cu rugozitate mai puţin accentuată; profilul transversal al văii se prezintă sub forma literei „V" mai evoluată.

• ***Cursul inferior*** este specific regiunilor de câmpie sau de podiş. Apele au o viteză de curgere mai lentă în raport de celelalte sectoare, datorită faptului că profilul longitudinal are pantă lină. Albia minoră prezintă meandre cu aspect rătăcitor. Procesul de eroziune a apelor este foarte redus (este specifică eroziunea laterală), în schimb acţiunea de depunere a aluviunilor este foarte activă. Ca urmare, pe malurile convexe se formează reniile, iar pe patul albiei minore apar bancuri nisipoase şi ostroave. Profilul transversal al văii are forma literei „V" foarte evoluată.

➢ **Vărsarea râurilor** reprezintă locul unde un organism hidrografic îşi transferă apa în altă unitate acvatică (râu, lac, mare sau ocean). Acest loc se

numeşte ***gură de vărsare a apelor*** şi este mult mai bine individualizat decât punctul de izvor al râurilor. De aceea, distanţele pe râuri sau fluvii se măsoară începând de la gura de vărsare.

Gura de vărsare a râurilor se prezintă sub mai multe forme. Există râuri care străbat întinderi mari de pustiu şi a căror apă nu reuşeşte să se verse într-o altă unitate acvatică. Ea se pierde în deşert, în nisipuri şi în felul acesta râul prezintă un *„capăt orb"*. Situaţii asemănătoare se întâlnesc şi în formaţiunile calcaroase unde apa râurilor poate să dispară brusc în interiorul calcarelor. Locul de dispariţie se numeşte *„sorb"*. Dintre râurile oarbe, care se alimentează cu apă din topirea gheţarilor şi zăpezilor şi se pierd în nisipuri, menţionăm: Seravşan, Murgab, Tedjen, Tarim din Asia Centrală.

Cele mai multe râuri se varsă în alte ape curgătoare mult mai mari ca dimensiuni şi debite de apă. Locul de vărsare se numeşte ***confluenţă***. Râul care îşi varsă apele poartă numele de *afluent*, iar cel care primeşte este considerat *râu principal*, *râu colector* sau *recipient*.

Râurile care se varsă în mări, oceane sau lacuri pot să formeze la gura de vărsare delte, limane şi estuare.

Deltele iau naştere prin acumularea aluviunilor la gura de vărsare a fluviilor sau râurilor. Depunerea aluviunilor în deltele marine este favorizată de debitul solid bogat al organismelor fluviatile şi de diferenţa mare de salinitate a apelor marine. De asemenea, ţărmul marin trebuie să nu fie afectat de maree puternice, în schimb trebuie să existe curenţi marini litorali care să stopeze înaintarea materialului aluvionar spre largul mării.

În funcţie de modul de formare deosebim mai multe tipuri de delte marine:

- ***barată*** (deltele Dunării, Nilului, Padului etc, formate prin închidere şi colmatarea treptată a unui fost golf);
- ***răsfirată*** (specifică mărilor închise cu largi platforme continentale şi caracterizată prin numeroase braţe secundare, canale de legătură şi sahale, cum este cazul deltei fluviului Volga);
- ***unghiulară*** (ce prezintă un singur braţ principal care înaintează în mare depunând aluviunile sub formă de grinduri longitudinale, cum este delta Tibrului);
- ***digitată*** (specifică, în general, mărilor lipsite de curenţi litorali, în cadrul căreia există un braţ principal ce pătrunde adânc în apele mării, la capătul căruia are loc o intensă depunere de aluviuni sub o formă aproximativ în evantai şi iau naştere braţe secundare cu aspectul unor degete; cel mai tipic exemplu este delta fluviului Mississippi).

În spaţiul deltelor s-au dezvoltat aşezări cu populaţie numeroasă. Aşa sunt marile oraşe-porturi de la gurile unor delte: New Orleans pe Mississippi, Shanghai pe Chang-Jiang, Calcutta pe Gange şi Alexandria pe Nil.

Limanurile pot fi, după modul de formare, fluviatile sau maritime. Limanurile fluviatile rezultă din anastomozarea (bararea) cu aluviuni a gurilor de vărsare ale unor afluenţi secundari. Ca exemplu pot fi date limanurile Ialomiţei (Snagov, Căldăruşani, Fundata, Strachina) sau ale Dunării (Gârliţa, Oltina, Vederoasa etc.). Limanurile maritime se formează la gura de vărsare în mare a unor râuri. Datorită barării cu cordoane nisipoase aduse de curenţii marini, gura râurilor este transformată în liman. Cele mai tipice exemple le formează limanurile Nistrului, Kubanului, Dvinei de Vest, Taşaul, Techirghiol etc.

Estuarele reprezintă gura de vărsare a unor fluvii la ţărmul unor mări sau oceane afectate de acţiunea mareelor. Estuarul are aspectul unei pâlnii sau a unui golf prin care, în timpul fluxului mareic, apele mării preiau toate materialele

rezultate din eroziune şi sunt transportate în larg. În Europa de Vest se întâlnesc cele mai tipice estuare: Elba, Tamisa, Sena, Gironda, iar în America de Sud, estuarul Amazonului.

11.2. IERARHIZAREA REŢELEI HIDROGRAFICE

Un sistem fluviatil este constituit, după cum am văzut, dintr-un râu colector şi ansamblul afluenţilor săi. În funcţie de sistemul de clasificare (ierarhizare) adoptat, râul principal şi afluenţii pe care-i primeşte pot avea diferite ordine. Astfel, dacă se utilizează ***sistemul de ierarhizare Gravelius*** (iniţiat în 1914 şi folosit şi în prezent), afluenţii care debuşează direct într-un râu considerat principal sunt de ordinul I. De exemplu, Tisa este afluent de ordinul I al fluviului Dunărea, Mureşul afluent de ordinul II, Arieşul de ordinul III, iar Iara de ordinul IV (fig. 11.1.). Călmăţui este afluent de ordinul I al Dunării.

Această clasificare nu ia însă în considerare dimensiunile afluenţilor, debitul de apă transportat sau mărimea bazinului hidrografic drenat, ci doar poziţia afluenţilor faţă de colectorul principal. În aceste condiţii, Tisa şi Călmăţui sunt afluenţi de ordinul I ai Dunării, cu toate că aceştia prezintă deosebiri foarte importante din punct de vedere hidrologic.

R. E. Horton (1945) şi ulterior *A. Strahler* (1952) au inversat sistemul de clasificare propus de Gravelius, ţinând seama de mărimea afluenţilor. În cazul ***ierarhizării conform sistemului Strahler***, frecvent utilizată în analizele morfohidrografice, fiecare albie de râu, care nu primeşte nici un afluent, reprezintă un segment de primul ordin; prin unirea (confluenţa) a două segmente de ordinul I, se formează un segment de albie de ordinul II. Prin confluenţa cu o albie de râu tot de ordinul II, ia naştere un segment de ordinul III. În felul acesta un râu principal poate să fie compus dintr-un sistem de segmente de albie cu mai multe ordine (fig. 11.2.):

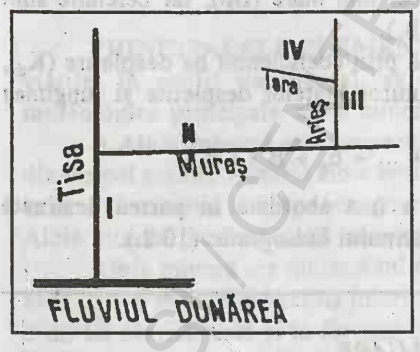


Fig. 11.1. *Ierarhizarea reţelei hidrografice conform sistemului Gravelius*

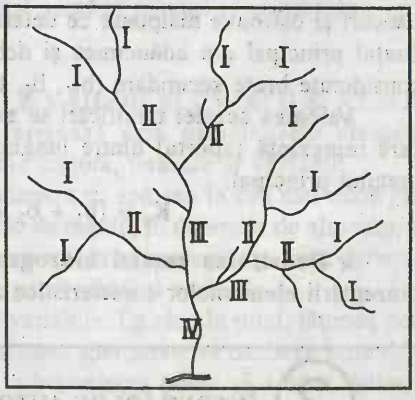


Fig. 11.2. *Ierarhizarea reţelei hidrografice conform sistemului Strahler.*

11.3. ELEMENTELE CE CARACTERIZEAZĂ REŢEAUA HIDROGRAFICĂ

Pentru a caracteriza o reţea hidrografică pot fi utilizaţi diferiţi parametri precum: lungimea râurilor, coeficientul de sinuozitate, coeficientul de ramificare, densitatea reţelei hidrografice.

➢ **Lungimea râurilor** reprezintă distanța, în linie sinuoasă, între izvorul și gura de vărsare a unui râu. Ea poate fi măsurată atât pe teren cât și pe hartă și se exprimă, de regulă, în km. Pe baza cunoașterii lungimii râurilor și a dispunerii afluenților de diferite ordine se poate realiza ***schema rețelei hidrografice*** dintr-un bazin.

➢ **Coeficientul de sinuozitate** (Ks) exprimă gradul de meandrare al râului și se determină ca raport între lungimea reală sau lungimea sinuoasă a râului (Ls) și lungimea sa în linie dreaptă (Ld), ce rezultă din unirea extremităților luate în considerare, izvor-vărsare (fig. 11.3.):

$$Ks = Ls/Ld \geq 1.$$

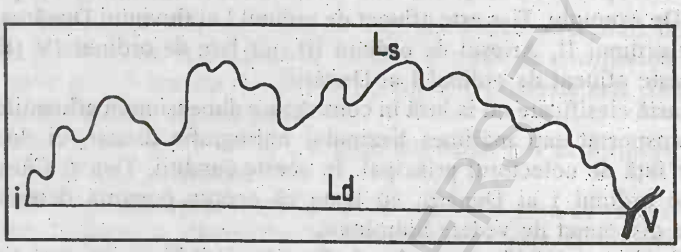


Fig. 11.3. *Lungimea în linie sinuoasă (L_s) și lungimea în linie dreaptă (L_d) a unui râu.*

➢ **Coeficientul de ramificare (despletire) a râului.** Acolo unde patul albiei minore are o înclinare foarte lină, viteza curentului de apă scade și ca urmare, puterea de transport al aluviunilor se reduce în favoarea depunerii acestora. Prin procesul de continuă depunere și acumulare a aluviunilor se produce ***agradarea*** albiilor, iar în sectoarele cu pantă foarte redusă, pe patul albiei încep să apară bancuri și ostroave nisipoase ce determină despletirea râului în mai multe brațe. Brațul principal are adâncimea și debitul cel mai mare (Bp), iar celelalte sunt considerate brațe secundare (b_1 , b_2, b_3 ... b_n).

Valoarea acestei ramificări se exprimă prin coeficientul de despletire (K_d), care reprezintă raportul dintre lungimea tuturor brațelor despletite și lungimea brațului principal:

$$K_d = (b_1 + b_2 + b_3 + ... + b_n + B_p) / B_p.$$

➢ **Densitatea rețelei hidrografice** a fost abordată în partea destinată prezentării elementelor caracteristice ale bazinului hidrografic (10.2.).

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Ce se înțelege prin rețea hidrografică?*

2. *Care sunt principalele forme de scurgere temporară a apei?*

3. *Componentele principale ale cursurilor de apă permanente și caracteristicile lor.*

4. Care este diferența între sistemele de ierarhizare Gravelius și Strahler? Să se reprezinte schematic sistemul de ierarhizare Gravelis (până la ordinul 4) cu exemple de râuri din România.

5. Care sunt elementele care caracterizată rețeaua hidrografică?

---

12. VĂILE RÂURILOR

Văile reprezintă forme negative de relief ce pot avea dimensiuni diferite, de la câteva sute de metri până la câteva mii de km lungime și lățime de la câțiva metri, până la zeci de km. Traseul lor poate fi rectiliniu sau sinuos, în funcție de stadiul de evoluție, tectonică, litologie etc.

12.1. GENEZA ȘI ELEMENTELE VĂILOR

Geneza văilor este strâns legată de acțiunea exercitată de factorii fizico-geografici, dintre care un rol important îl au condițiile climatice, constituția litologică, structura geologică și vegetația, iar ca factori prioritari sunt **apele curgătoare** și **ghețarii**. În funcție de acțiunea pe care o exercită cei doi factori prioritari există ***văi fluviatile***, rezultate din eroziunea apelor curgătoare și ***văi glaciare***, rezultate din acțiunea ghețarilor.

Văile fluviatile se diferențiază de cele glaciare prin profilul lor longitudinal și cel transversal. Văile fluviatile au un profil longitudinal cu caracter, în general, parabolic, iar în profil transversal prezintă aspectul literei „V" mai ascuțit sau mai evoluat. Văile glaciare, în profil longitudinal prezintă praguri și contrapante, iar în profil transversal au forma literei „U".

PRINCIPALELE ELEMENTE ALE VĂILOR FLUVIATILE. Văile fluviatile, în profil transversal, se caracterizează prin următoarele **elemente morfologice** principale: albie minoră, albie majoră, terasele și versanții.

➢ **Albia minoră** este acoperită permanent cu apă sau în cea mai mare parte din timpul anului. Această albie este săpată, de regulă, în depozite de aluviuni, dar în anumite situații, mai ales în regiunile de munte, ea se poate afla pe roca parentală. Albia minoră prezintă două componente: patul albiei și malurile.

Albia minoră are dimensiuni foarte variabile. La râurile mici, lățimea poate avea câțiva metri sau zeci de metri. Adâncimea apei poate să oscileze între 0,2 și 2 m. La râurile mari și la fluviile uriașe, albia minoră poate să aibă o lățime cu mult mai mare. De exemplu, Dunărea, în dreptul portului Galați are o lățime de peste 1 km. Adâncimea apelor înregistrează și ea valori foarte mari (pe Amazon s-au semnalat adâncimi de 92 m, Dunărea, în defileul său, în Cazanele Mari, înregistrează adâncimi de 102 m).

La cele mai multe râuri, albia minoră privită în plan prezintă o formă sinuoasă sau meandrată datorată proceselor de eroziune și de acumulare ce se manifestă în cadrul albiei. **Meandrele** au malurile afectate de procesul de eroziune de ***formă concavă***, iar cele opuse, unde predomină acțiunea de depunere a aluviunilor au o ***formă convexă*** (fig. 12.1.)

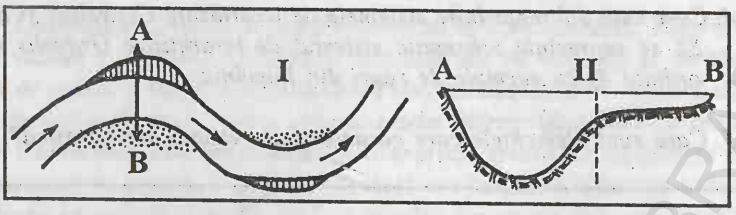


Fig. 12.1. *Elementele şi procesele caracteristice meandreleor: I. A – mal concav, cu predominarea procesului de eroziune; B – mal convex, cu predominarea procesului de acumulare. II. Profil transversal pe aliniamentul A-B.*

Meandrele pot fi de mai multe feluri: ***divagante*** sau ***rătăcitoare*** specifice, mai ales, la râurile de şes, care au lunca extinsă, albia minoră puţin adâncă şi malurile reduse ca înălţime şi ***încătuşate*** (încrustate), formate pe roci dure, când este meandrată nu numai albia minoră, ci întreaga vale. După mărimea şi numărul buclelor, meandrele pot fi tot de două feluri*:* ***meandre simple*** şi ***meandre complexe*** (fig. 12.2.).

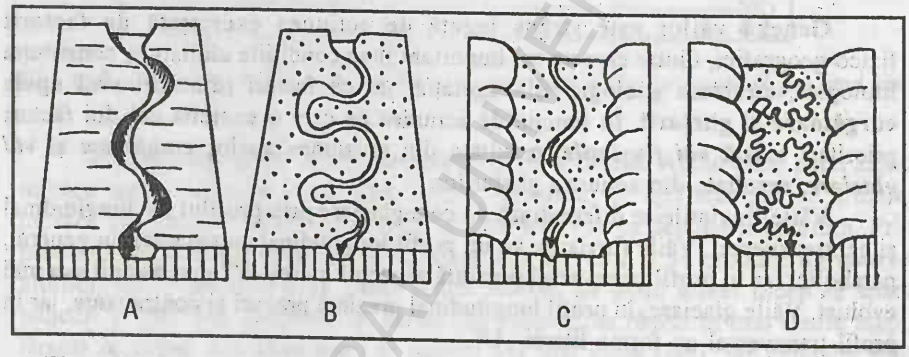


Fig. 12.2. *Tipuri de meandre: A – meandre încătuşate;B – meandre divagante; C – meandre simple; D- meandre complexe.*

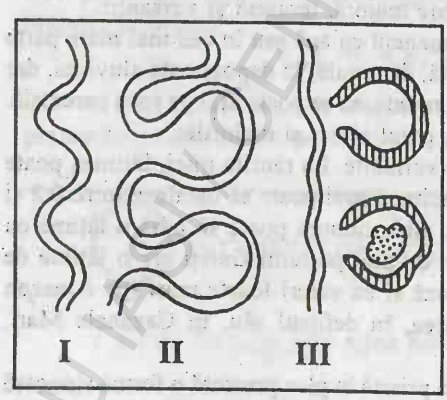


Fig. 12.3. *Evoluţia meandrelor: I – meandre simple; II – meandre rătăcitoare cu gâtuituri; III – curs de apă cu meandre părăsite.*

Meandrarea este un proces complex şi, de aceea, în evoluţia meandrelor se pot remarca mai multe stadii. Într-o formă iniţială sunt caracteristice meandrele simple; pe măsură ce procesul de eroziune şi acumulare se accentuează, fenomenul de meandrare trece într-un nou stadiu, de meandre rătăcitoare; într-un stadiu mai evoluat, bucla meandrelor se apropie foarte mult încât formează o *„gâtuitură"*. În timpul unei viituri se poate întâmpla ca apa să-şi părăsească vechiul curs şi să-şi creeze unul mai scurt şi mai drept. În felul acesta vechiul meandru (curs) rămâne izolat de cursul principal sub forma unui *„braţ mort"* sau *„meandru părăsit"* denumit şi *belciug* (fig. 12.3.).

Dacă spaţiul cuprins în bucla meandrului este înalt, atunci el formează un martor de eroziune, denumit *„popină"* sau *„grădişte"*. Exemple foarte caracteristice se întâlnesc chiar în lunca Dâmboviţei din Bucureşti (Grădiştea, Dealul Mitropoliei, Mihai Vodă) şi lunca râului Colentina (grădiştele Plumbuita şi Fundeni).

În afara meadrelor cu cele două maluri caracteristice (convex şi concav), în cadrul albiei minore pot fi remarcate diferite forme de acumulare precum bancuri nisipoase, ostroave, insule ce determină despletirea apei în mai multe braţe. De asemenea, în cadrul albiei minore mai pot fi întâlnite şi alte elemente de ordin morfohidrologic: zătonul (un fel de golf alungit, cu apă puţin adâncă, liniştită, cu tendinţă de colmatare, provenit, de regulă, dintr-un un braţ părăsit), plaja numită şi renie sau scruntar (formată, de obicei, pe malurile de formă convexă sau pe porţiunea malurilor joase) (fig. 12.4.).

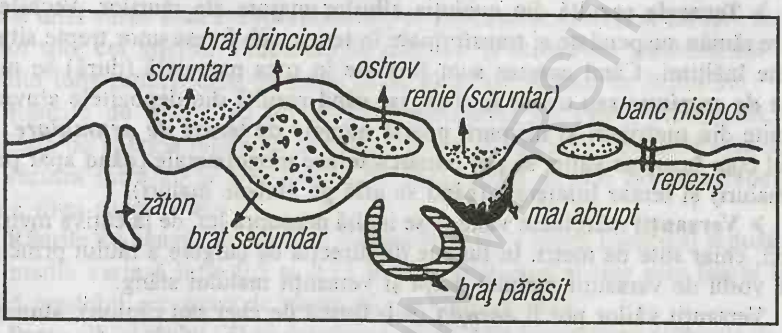


Fig. 12.4. *Principalele elemente ale albiei minore în plan.*

Distribuţia adâncimilor diferă în albia minoră, atât în profil transversal cât şi în profil longitudinal. În profil transversal adâncimea apei creşte de la malul convex spre malul concav. Liniile care unesc punctele cu aceeaşi adâncime se numesc ***izobate,*** iar linia care uneşte punctele cu cele mai mari adâncimi din lungul albiei minore se numeşte ***talveg***.

După felul cum sunt distribuite adâncimile apei şi după mersul izobatelor, în cadrul albiei minore se disting ***vadurile*** (fig. 12.5.). Ele corespund locurilor mai puţin adânci, unde este favorizat mai mult procesul de depunere a aluviunilor.

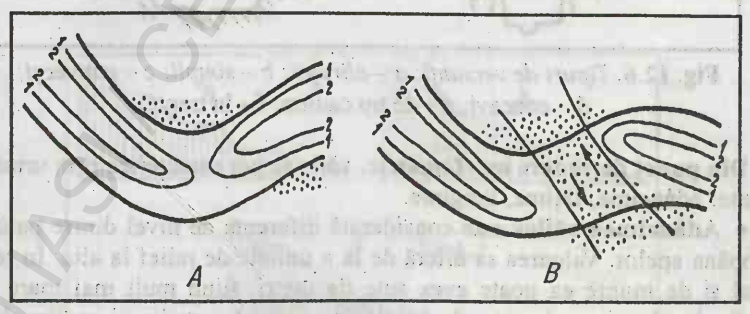


Fig. 12.5. *Distribuţia adâncimilor şi poziţia talvegului în albia minoră.*

➢ **Albia majoră (lunca)**, în funcţie de geneza şi evoluţia ei, faţă de albia minoră poate să fie monolaterală (asimetrică) adică dispusă pe un singur mal, sau poate să fie bilaterală (simetrică) atunci când însoţeşte ambele maluri.

În secțiunea transversală, de regulă, la o albie majoră se disting trei sectoare (zone) cu trăsături specifice: lunca internă, centrală și externă.

Lunca internă se află în imediata vecinătate a albiei minore. Se ridică deasupra nivelului apei cu câțiva centimetri sau chiar cu câțiva metri, datorită aluviunilor depuse sub formă de grinduri longitudinale în timpul viiturilor sau revărsării apelor. ***Lunca centrală*** constituie cea de a doua zonă, situată în partea mijlocie a albiei majore. Este ceva mai netedă și mai coborâtă, alcătuită, în general, din depozite fine de aluviuni. ***Lunca externă*** este cea mai joasă, prezintă numeroase adâncituri alungite, umplute uneori cu apă ce nu sunt altceva decât brațe părăsite, alcătuind lacuri sub formă de belciuge. Nivelul piezometric se află foarte aproape de suprafața topografică a reliefului, unde în unele cazuri se remarcă fenomenul de *„mustire"* sau de înmlăștinire.

➢ **Terasele** rezultă din evoluția albiilor majore ale râurilor. Vechile albii majore rămân suspendate și transformate în terase sub forma unor trepte situate la diferite înălțimi. Când acestea sunt formate în roca parentală (dură) se numesc ***terase de eroziune*** sau terase în rocă, iar când rezultă din depozitele aluvionare, alcătuite din pietrișuri și nisipuri, poartă numele de ***terase de acumulare***. După modul cum însoțesc văile, se pot remarca terase monolaterale (când apar pe unul din maluri) și terase bilaterale (când se află pe ambele maluri).

➢ **Versanții** mărginesc văile și se înalță deasupra lor, de la câțiva metri până la zeci, chiar sute de metri. În funcție de direcția de curgere a râului principal se poate vorbi de versanții malului drept și versanții malului stâng.

Versanții văilor pot fi ***abrupți*** (sub formă de chei sau canion), atunci când văile sunt instalate în formațiuni calcaroase, eruptive, loessoide etc. sau pot fi de ***formă convexă, concavă, simplă, în trepte*** (fig. 12.6.).

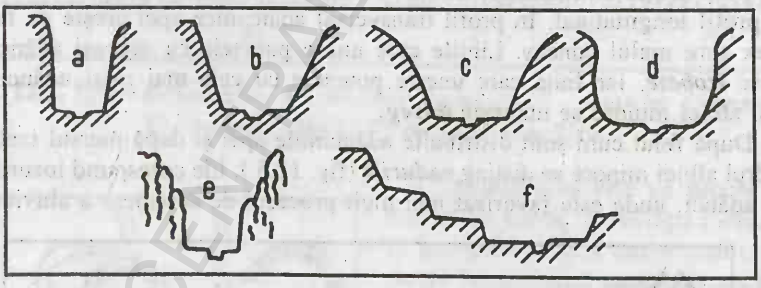


Fig. 12.6. *Tipuri de versanți: a – abrupți; b – simpli; c – convecși;* d – concavi; e – de tip canion; f – în trepte.

Din punct de vedere morfometric, văile se pot caracteriza prin următoarele elemente: adâncime, lățime, lungime.

• **Adâncimea văilor** este considerată diferența de nivel dintre patul albiei și cumpăna apelor. Valoarea sa diferă de la o unitate de relief la alta. În regiunile de deal și de munte ea poate avea sute de metri, fiind mult mai mare față de regiunile de câmpie unde este, de regulă, de ordinul metrilor și zecilor de metri.

• **Lățimea văilor** reprezintă distanța între versantul stâng și cel drept și poate fi considerată la diferite niveluri ale văii (la partea superioară, la fundul văii). Mărimea sa este variabilă în lungul văilor, în funcție de unitățile de relief cărora li se suprapun și poate avea de la câțiva metri, până la zeci de km. Văile din zonele montane sunt mult mai înguste față de cele din regiunile de câmpie.

• **Lungimea văilor** corespunde, de regulă, cu lungimea cursului de apă care le-a creat şi poate înregistra, după cum am mai precizat, de la câteva sute de metri, până la câteva mii de km.

12.2. PROFILUL LONGITUDINAL ŞI TRANSVERSAL AL ALBIEI

12.2.1. PROFILUL LONGITUDINAL

Profilul longitudinal al albiei exprimă variaţia altitudinii albiei râului în funcţie de lungimea sa. El este influenţat de natura şi structura litologică a patului albiei, de cantitatea de apă care se scurge. În general, profilul longitudinal, are aspectul unei curbe concave (parabolice), cu pante ce scad treptat dinspre sectorul superior spre cel inferior. Procesele de eroziune şi acumulare influenţează forma profilului longitudinal care, în timp, tinde să atingă stadiul de echilibru.

Râurile de munte au un profil longitudinal cu pantă accentuată, fiind influenţată de energia reliefului şi de condiţiile tectonice regionale. Panta acestor râuri variază între 20 şi 600 m/km. Pe acest profil se pot remarca repezişuri, praguri, mici cascade etc.

Râurile de câmpie au profilul longitudinal cu o pantă mult mai redusă. Aici panta medie variază între 0,5 şi 0,15 m/km. Scurgerea apelor este foarte leneşă datorită gradului accentuat de meandrare a albiei minore.

Panta albiei râului (P) se determină ca fiind un raport între diferenţa de nivel dintre două puncte extreme considerate izvor (H_1) şi gura de vărsare (H_2) şi distanţa dintre ele, adică lungimea râului (D):

$$P = \frac{H_1 - H_2}{D} \text{ [m/km, ‰, %].}$$

Profilul albiei, în stadiul iniţial, prezintă o serie de rupturi de pantă, chiar dacă structura geologică este relativ uniformă. Într-un alt stadiu de evoluţie, rupturile de pantă tind să se atenueze, iar profilul albiei primeşte un aspect cu caracter cvasirectiliniu (fig. 12.7.).

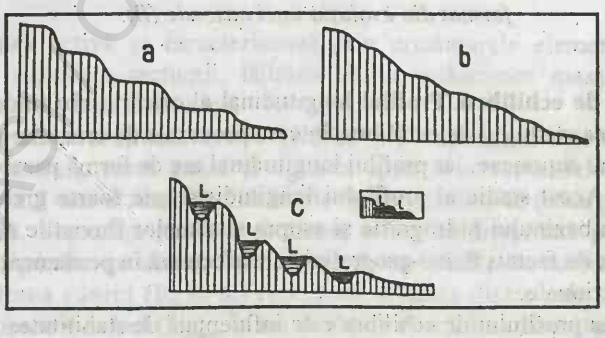


Fig. 12.7. *Profilul longitudinal al râurilor:*
a – stadiu iniţial cu rupturi de pantă; b – stadiu evoluat cu profil cvasirectiliniu;
c – profilul unei văi glaciare.

În regiunile accidentate ale reliefului, unde pot fi prezente sisteme de falii şi o constituţie geologică variată, profilul longitudinal al albiei poate să fie însoţit de rupturi de pantă, pe locul cărora iau naştere căderi de apă sub formă de cascade şi repezişuri.

Cascadele se diferenţiază atât prin înălţimea de cădere a apelor, cât şi prin debitul de apă pe care-l rulează. Ca exemplu de cascade pot fi date: *Niagara*, din America de Nord, formată între lacurile Erie şi Ontario cu o cădere de 49 m; *Victoria* de pe râul Zambezi cu o cădere maximă a apei de 120 m; *Angel*, din Venezuela (ce aparţine de bazinul fluviului Orinoco, situată pe afluentul său Caroni), considerată cu cea mai înaltă cădere a apelor de pe glob (978 m). În ţara noastră amintim cascadele Bâlea (62 m, în Munţii Făgăraş), Duruitoarea (40 m, în Munţii Ceahlău), Cascada Cailor (160 m, în Munţii Rodnei ş.a).

În cadrul cascadelor este caracteristică eroziunea regresivă favorizată de marmitele şi nişele care se formează în timp la baza cascadei şi care conduc la prăbuşirea peretelui cascadei (fig. 12.8. A). În acest mod profilul longitudinal îşi schimbă configuraţia primind aspectul unui repeziş.

Repezişurile au un profil longitudinal foarte neregulat şi se formează fie din evoluţia cascadelor (fig. 12.8. B), fie din eroziunea apelor produsă pe roci din patul albiei, diferenţiate ca duritate. Apele care se scurg prin albia minoră au un caracter spumos datorită faptului că aici albia este însoţită de o macrorugozitate.

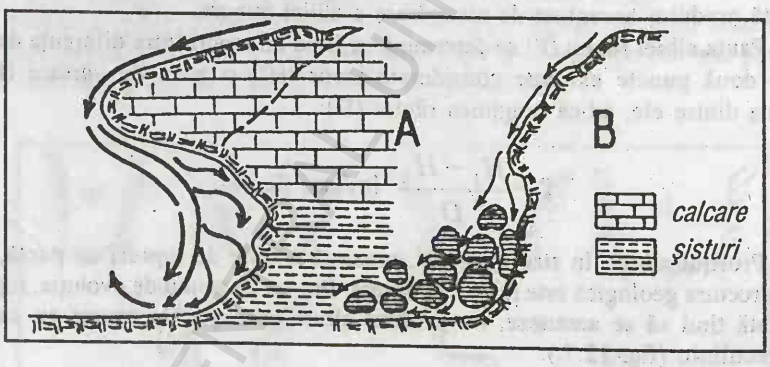


Fig. 12.8. *Profilul unei cascade (A) şi profilul unui repeziş format din evoluţia unei cascade (B).*

Profilul de echilibru. Profilul longitudinal al oricărui râu tinde în evoluţia sa spre atingerea stadiului de echilibru, în care procesele de eroziune şi acumulare încetează să mai acţioneze, iar profilul longitudinal are de formă parabolică, lipsită de denivelări. Acest stadiu al profilului longitudinal este foarte greu de realizat, întrucât asupra bazinului hidrografic şi asupra sistemelor fluviatile acţionează un sistem complex de factori fizico-geografici care afectează în permanenţă stabilitatea proceselor erozionale.

Atingerea profilului de echilibru este influenţată de stabilitatea ***nivelului de bază***. Acesta poate fi local sau general. ***Nivelul de bază local*** corespunde gurii de vărsare a unui organism fluviatil. ***Nivelul de bază general*** este considerat nivelul mărilor sau oceanelor.

Nivelul de bază se modifică în timp sub influenţa diferiţilor factori interni şi externi. Dintre aceştia, un rol prioritar îl au factorii tectonici (mişcările scoarţei) şi factorii climatici. De poziţia nivelului de bază depinde întreaga activitate a organismului hidrografic şi în funcţie de schimbările nivelului de bază se modifică şi profilul longitudinal al albiei. De exemplu, dacă în regiunea nivelului de bază se manifestă mişcări tectonice cu caracter pozitiv, de ridicare a scoarţei terestre, atunci scade activitatea de eroziune a apelor şi se accentuează procesul de acumulare a materialelor transportate de râuri (fig. 12.9.). În cazul în care în regiunea nivelului de bază are loc o mişcare tectonică cu caracter negativ, atunci în cursul inferior al râului se va intensifica procesul de eroziune (fig. 12.10).

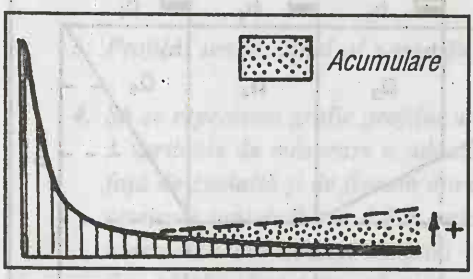


Fig. 12.9. *Reactivarea proceselor de acumulare în cadrul profilului de echilibru, datorită ridicării nivelului de bază local.*

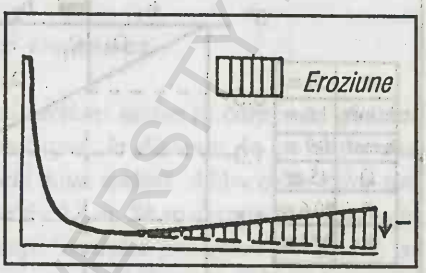


Fig. 12.10. *Reactivarea proceselor de eroziune în cadrul profilului de echilibru, datorită coborârii nivelului de bază local.*

12.2.2. PROFILUL TRANSVERSAL AL RÂULUI ŞI ELEMENTELE LUI HIDRAULICE

Profilul transversal al râului sau secţiunea râului reprezintă intersecţia albiei minore cu un plan perpendicular pe direcţia de curgere a apei. Secţiunea poate avea ***caracter activ***, atunci când apa se scurge în cuprinsul ei şi ***caracter inactiv***, când apa este stagnantă.

Profilul secţiunii active se poate realiza grafic pe baza folosirii unui sistem de coordonate rectangulare. Pe axa absciselor se reprezintă lăţimea râului, iar pe cea a ordonatelor adâncimea apei, determinată prin măsurători, cu tija gradată (fig. 12.11.).

Secţiunea activă se caracterizează prin următoarele elemente (**elemente hidraulice**): suprafaţa secţiunii, lăţimea râului, adâncimea maximă şi medie, perimetrul udat şi raza hidraulică.

- **Suprafaţa secţiunii** active (Ω, în m^2), reprezintă mărimea arealului delimitat de maluri, patul albiei şi oglinda apei. Prin verticalele de adâncime această suprafaţă este divizată în mai multe figuri geometrice (triunghiuri, trapeze, dreptunghiuri). Suprafaţa totală a secţiunii active se determină prin însumarea suprafeţelor figurilor geometrice delimitate de verticalele de adâncime:
- **Lăţimea râului** (B, în m) reprezintă distanţa dintre cele două maluri.

Adâncimea maximă (h_{max}, în m) se obţine direct din măsurători şi reprezintă adâncimea cea mai mare a râului.

Adâncimea medie (h_{med}, în m) se determină ca raport dintre suprafaţa secţiunii active (Ω) şi lăţimea râului (B): $h_{med} = \Omega/B$.

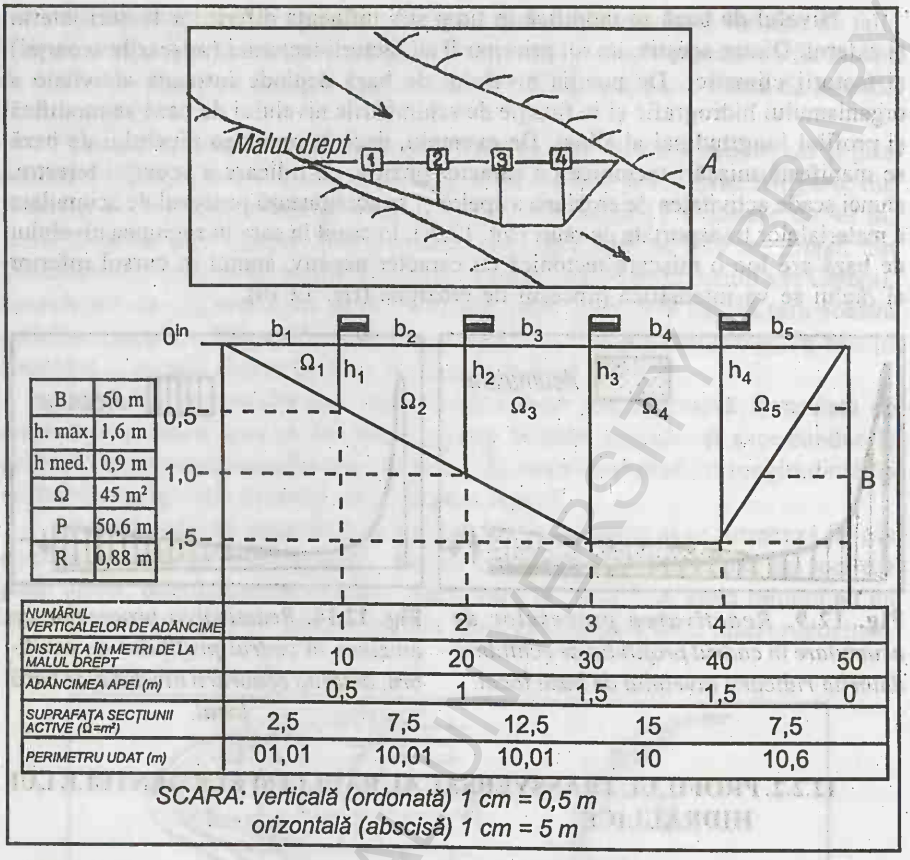


Fig. 12.11. *Profilul secțiunii active: A – imagine de ansamblu a hidrocanatului; B – profilul detaliat al secțiunii, cu elementele sale caracteristice.*

• **Perimetrul udat** (P, în m) reprezintă lungimea care urmărește patul și malurile albiei minore între limitele oglinzii apei. Lungimea perimetrului rezultă din suma ipotenuzelor triunghiurilor dreptunghice ale căror catete sunt date de diferența de adâncime dintre două verticale vecine și de distanța între ele. Pentru profilul secțiunii din fig. 12.11., perimetrul udat (P) se determină cu ajutorul relației:

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \sqrt{b_3^2 + (h_3 - h_2)^2} +$$

$$+ \sqrt{b_4^2 + (h_4 - h_3)^2} + \sqrt{b_5^2 + h_4^2};$$

în care $b_1,\ldots, b_5$ = distanța dintre verticale (m); $h_1,\ldots,h_4$ = adâncimea apei în verticalele de măsurare (m).

La râurile cu adâncimi reduse, perimetrul udat este apropiat ca mărime cu lățimea râului.

• **Raza hidraulică** (R, în m) exprimă raportul dintre suprafața secțiunii active (Ω) și perimetrul udat (P): R = Ω/P.

Ea constituie un parametru important în calcularea vitezei apei într-o secțiune prin metoda hidraulică. În cazul când râurile au adâncimi moderate, raza hidraulică prezintă o valoare asemănătoare cu cea a adâncimii medii (h_{med}).

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se enumere şi caracterizeze principalele elemente morfologice şi morfometrice ale văilor fluviatile.*

2. *Să se reprezinte grafic un meandru simplu, cu elementele şi procesele caracteristice.*

3. *Profilul longitudinal al unui râu şi evoluţia sa.*

4. *Să se reprezinte grafic profilul unei secţiuni active în care s-au efectuat 3 verticale de măsurare a adâncimii apei, la distanţe de un metru una faţă de cealaltă şi de fiecare din cele două maluri. Adâncimile celor trei verticale sunt de 0,2 m, 0,6 m, respectiv 0,4 m. Să se determine elementele hidraulice ale acestei secţiuni (după modelul prezentat în 12.2.2. şi fig. 12.11.). Se va considera scara orizontală 1 cm = 0,5 m, iar scara verticală 1cm=0,2 m).*

13. DINAMICA APEI RÂURILOR

Dinamica apei râurilor este rezultatul acţiunii unui ansamblu de forţe şi factori care acţionează asupra apei şi este reflectată de distribuţia vitezelor pe plan vertical şi orizontal, de evoluţia curenţilor de suprafaţă şi de adâncime, de variaţia debitelor lichide şi solide, de distribuţia regimului termic în masa de apă etc. Principalele forţe care acţionează asupra apei din râuri sunt forţa gravifică sau gravitaţională, forţa lui Coriolis şi forţa centrifugă.

➢ **Forţa gravitaţională** determină mişcarea apelor din râuri, dinspre altitudinile mai mari spre cele mai mici.

➢ **Forţa sau acceleraţia lui Coriolis** acţionează perpendicular asupra direcţiei de curgere a apei din râuri, determinând abaterea ei spre dreapta în emisfera nordică şi spre stânga în emisfera sudică. Ca efect al forţei lui Coriolis, râurile care se deplasează pe direcţia meridianelor, au în general, în emisfera nordică malul drept mai înalt şi mai abrupt, iar în emisfera sudică, malul stâng.

➢ **Forţa centrifugă** se manifestă în zona meandrelor. Prin influenţa forţei centrifuge oglinda apei în partea concavă a malului se ridică la o anumită înălţime creând o înclinare spre malul convex, în timp ce malul concav este afectat de eroziune şi mai abrupt.

Sub acţiunea forţelor menţionate, apa râurilor poate realiza două tipuri de mişcări laminară şi turbulentă.

➢ **Mişcarea laminară** este specifică apelor subterane care circulă prin rocile poroase cu permeabilitatea în „mic". La râuri, mişcarea laminară poate fi semnalată

numai în situaţia când curentul de apă se scurge cu o viteză foarte mică. În cadrul acestei mişcări şuviţele de apă se deplasează paralel în întreaga masă de apă, sub forma unor lamele care în timpul scurgerii nu se amestecă unele cu altele.

➢ **Mişcarea turbulentă** este specifică îndeosebi râurilor şi se caracterizează prin deplasarea dezordonată a particulelor de apă, care se amestecă continuu. Prin mişcare turbulentă, apele curgătoare îşi modifică direcţia vectorilor de viteză şi tind să realizeze o uniformitate a temperaturii de la suprafaţă până la adâncimea maximă a apei.

Trecere de la mişcarea laminară la cea turbulentă se face o dată cu depăşirea unei „viteze critice", care, conform experimentelor, variază între 0,017 cm/s şi 0,33 cm/s, în funcţie de adâncimea apei.

13.1. VITEZA APEI RÂURILOR

13.1.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Viteza de deplasare a apei râurilor este foarte variabilă, fiind influenţată de numeroşi factori, precum: forţa gravitaţională, cantitatea de apă care se scurge, de lăţimea şi adâncimile albiei, de panta acesteia, de rugozitatea patului ş.a.

În cazul albiilor libere şi simetrice, cvasirectilinii, viteza apei creşte de la maluri spre mijlocul apei şi de la fund spre suprafaţă. În albiile asimetrice, cu malurile convexe şi concave vectorii de viteză cresc spre malul cu adâncimea cea mai mare. În situaţia în care apa râului este acoperită cu un pod de gheaţă, vectorii de viteză cresc de la baza podului de gheaţă spre mijlocul curentului de apă, aceasta datorită frecării moleculelor de apă de suprafaţa inferioară a gheţii.

Pe verticală, mărimea vectorilor de viteză este diferită, în funcţie de adâncimile apei, de panta talvegului şi de prezenţa sau absenţa unor obstacole de pe patul albiei (praguri, bancuri nisipoase submerse, rugozităţi, bolovani etc.).

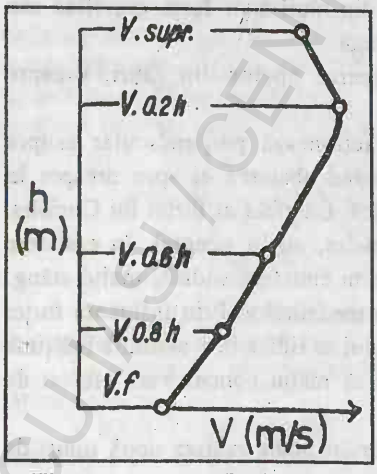


Fig. 13.1. *Epura (hodograful) vitezelor cu punctele standard de măsurare a vitezelor.*

Repartizarea vectorilor de viteză pe verticală se poate reprezenta grafic prin **epura vitezelor** sau **hodograful vitezelor.** Aceasta se construieşte într-un sistem de axe rectangulare, în care pe verticală se reprezintă adâncimea apei şi punctele de măsurare a vitezei, adică la suprafaţă, la 0,2 din adâncimea râului – h (0,2h), la 0,6 h, la 0,8 h şi la fundul apei. În dreptul fiecărui punct unde s-au făcut măsurători se reprezintă valoarea vectorilor de viteză, la o scară stabilită pe axa orizontală a graficului (v_1, v_2 ... v_n). Prin unirea extremităţilor vectorilor de viteză se obţine curba vitezelor pe verticală care configurează epura sau hodograful vitezelor (fig. 13.1.).

Forma epurii vitezelor poate prezenta variaţii foarte mari, fiind în funcţie de configuraţia patului albiei. De exemplu, dacă

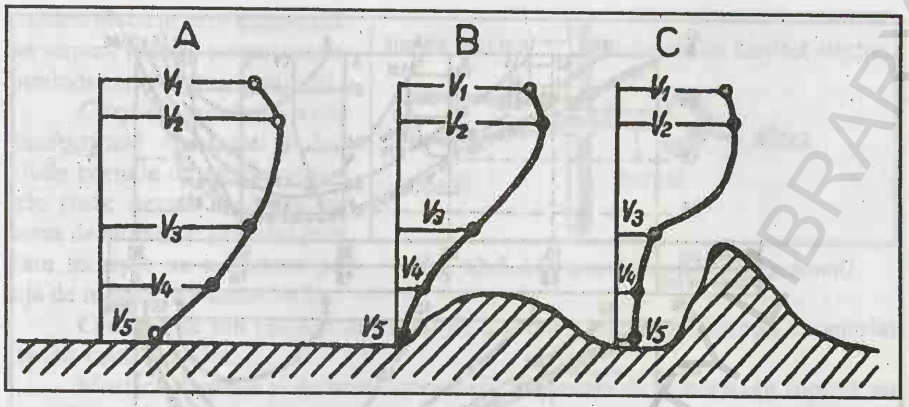


Fig. 13.2. *Forme diferite ale epurii vitezelor în funcție de configurația patului albiei*

patul albiei este uniform, lipsit de rugozități, vectorii de viteză ai curentului de apă scad valoric de la suprafață spre adâncimea maximă (fig. 13.2. A). Dacă vectorii de viteză întâlnesc în calea lor obstacole cu grad variat de rezistență, atunci epura sau hodograful va prezenta deformări accentuate (fig. 13.2. B și 13.2. C).

În cazul în care râul este acoperit cu pod de gheață, acesta influențează forma hodografului determinând deplasarea vectorului cu viteză maximă la o adâncime mai mare (fig. 13.3.).

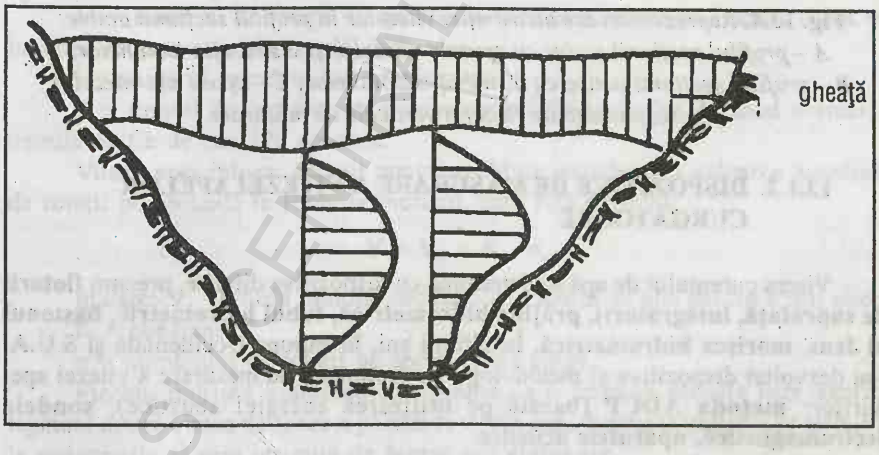


Fig. 13.3. *Forme ale epurii vitezelor în prezența podului de gheață*

O imagine generală despre repartiția vitezelor în secțiunea activă a râului o dau **izotahele** sau liniile de egală viteză. Distribuția izotahelor se obține prin înscrierea în profilul secțiunii active, a hodografelor de la fiecare verticală de adâncime și unirea punctelor cu aceeași viteză a apei, obținute prin interpolarea vitezelor măsurate la diferite adâncimi pe verticale. O astfel de reprezentare este redată în fig. 13.4.

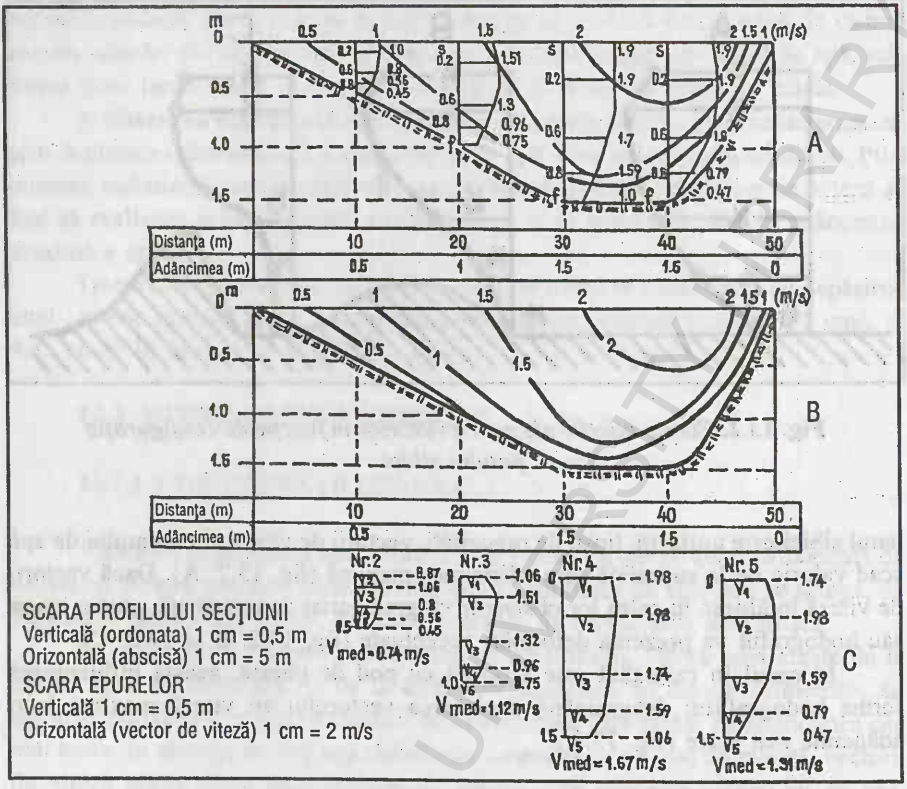


Fig. 13.4. *Reprezentări ale distribuției vitezelor în profilul secțiunii active: A – profilul secțiunii active cu epurele vitezelor și distribuția izotahelor; B – profilul secțiunii active cu distribuția izotahelor; C – epure ale vitezelor, corespunzătoare fiecărei verticale de măsurare.*

13.1.2. DISPOZITIVE DE MĂSURARE A VITEZEI APELOR CURGĂTOARE

Viteza curentului de apă se determină cu dispozitive diferite, precum **flotorii (de suprafață, integratori), prăjina hidrometrică, tubul hidrometric, bastonul lui Jens, morișca hidrometrică.** În ultimii ani, în Europa Occidentală și S.U.A. s-au dezvoltat dispozitive și metodologii perfecționate de măsurare a vitezei apei râurilor: **metoda ADCP** (bazată pe utilizarea energiei acustice), **sondele electromagnetice, aparatele acustice.**

Dispozitivul cel mai larg răspândit și utilizat pentru măsurarea vitezei curentului de apă este **morișca hidrometrică.** Ea permite determinarea cu destulă precizie a vitezei punctuale a apei la diferite adâncimi.

Morișca hidrometrică poate fi confecționată din metal sau material plastic și este alcătuită din trei părți principale: elicea (rotorul), corpul și coada (sau ampenajul) (fig. 13.5.).

Elicea se rotește sub acțiunea curentului de apă în jurul unui ax. Ea este realizată din metal sau plastic și diametrul său poate fi de 12-14 cm sau de 5 cm (în cazul micromoriștii). La un anumit număr de rotații ale elicei se realizează un

contact electric care generează un semnal acustic (sonerie) sau luminos (aprinderea unui bec).

Corpul moriştii este confecţionat din metal şi include bornele de contact electric (care permit legătura cu sursa de curent) şi orificiul prin care morişca se introduce pe tija de măsurare a adâncimilor.

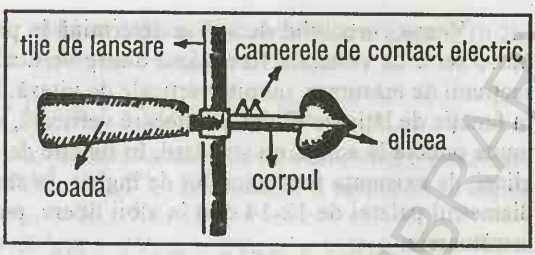


Fig. 13.5. *Morişca hidrometrică (schemă).*

Coada este din tablă şi are rolul de a orienta elicea pe direcţia curentului, dar în contra acestuia.

Morişca dispune şi de unele ***accesorii***: ***dispozitiv de sonorizare*** (optică sau sonoră), ***cablu electric, tijă gradată*** pentru introducerea moriştii în apă la adâncimile dorite, ***cronometru, baterie electrică*** ş.a. În cazul râurilor cu adâncimi şi debite mari, pentru lansarea moriştii se foloseşte un ***troliu***, iar pentru menţinerea ei verticală se utilizează un lest (numit ***sondă*** sau ***bombă***) a cărui greutate este cuprinsă între 10 şi 100 kg (în funcţie de adâncimea şi viteza apei).

Principiul de funcţionare a moriştii hidrometrice constă în determinarea numărului de rotaţii (n) pe care elicea acţionată de curentul de apă le efectuează într-o unitate de timp:

$$n = \frac{M \cdot i}{T},$$

unde:

M = numărul de rotaţii ale paletei la care se produce un impuls sonor sau luminos (acesta este, de regulă, 20);

i = numărul impulsurilor înregistrate;

T = timpul de înregistrare a impulsurilor (în secunde). În mod normal, el trebuie să fie de cca 120 secunde.

Viteza apei într-un anumit punct se obţine introducând valoarea numărului de rotaţii pe secundă în formula moriştii, care este de tipul:

$$V = V_o + K \cdot n,$$

în care: V_o = viteza minimă necesară curentului de apă pentru a roti elicea;

K = constantă;

n = numărului de rotaţii pe secundă ale elicei.

Fiecare morişcă hidrometrică dispune de o formulă proprie care exprimă legătura dintre viteza de rotire a paletei şi viteza apei. Formula moriştii se stabileşte la construcţia ei prin operaţia de ***tarare*** sau ***etalonare***.

În general, moriştile pot înregistra viteze ale apei între 0,05 şi 4 m/s. În ultima vreme au fost realizate morişti hidrometrice electronice al cărui principiu de funcţionare este asemănător cu al celor mecanice. Ele prezintă dispozitive electronice de contorizare a rotaţiilor.

Măsurarea vitezei apei cu morişca hidrometrică

Măsurarea vitezei apei cu morişca hidrometrică stă la baza calculării debitului lichid al unui râu prin metoda secţiune - viteză.

Viteza curentului de apă se determină în puncte situate la diferite adâncimi, într-o serie de verticale fixe (alese dintre verticalele de sondaj) situate în profilul secțiunii de măsurare, numite verticale de viteză. Numărul verticalelor se stabilește în funcție de lățimea râului. Pe fiecare verticală, viteza se măsoară în unul sau mai multe puncte la adâncimi standard, în funcție de adâncimea apei (h), de diametrul elicei, de existența formațiunilor de îngheț. În cazul utilizării moriștii normale (cu diametrul paletei de 12-14 cm) în albii libere, punctele standard de măsurare sunt următoarele:

- pentru h sub 15 cm, nu se efectuează măsurătoarea;
- pentru h de 16-20 cm, la 0,6 din adâncimea apei (0,6h);
- pentru h de 21-40 cm, la „suprafață" și la „fund";
- pentru h de 41-80 cm, la 0,2h; 0,6h; 0,8h;
- pentru h de peste 81 cm, la „suprafață", 0,2h; 0,6h; 0,8h și la "fund".

Dintre celelalte dispozitive de măsurare a vitezei apei, o utilizare mai largă o au **flotorii de suprafață.** Aceștia sunt corpuri plutitoare confecționate din materiale cu greutate specifică mai mică decât a apei. Lansați în apă, ei se deplasează o dată cu aceasta. Flotorii se utilizează, în general, pe râurile cu adâncime și viteză mică, pe râurile afectate de viituri în lipsa unor aparate mai perfecționate. Ei au forme și dimensiuni diferite. Unii au forma unor discuri de lemn, cu diametrul de 15-20 cm, alții sunt sub forma literei „X", confecționați din două bucăți de scândură a 0,35 m lungime; în unele situații se folosesc butelii de sticlă, umplute parțial cu apă și astupate cu dopuri.

Principiul de măsurare a vitezei apei cu flotorii constă în determinarea timpului în care flotorul parcurge o anumită distanță. Cunoscându-se distanța parcursă de flotor (D) și timpul de parcurgere a ei (T), viteza (V), exprimată în m/s, se obține ca raport între cei doi parametri:

$$V = D/T.$$

13.1.3. DETERMINAREA VITEZEI MEDII A APEI

Cu ajutorul moriștii hidrometrice și al altor dispozitive se măsoară, așa cum am menționat anterior, **viteze punctuale ale apei**, la diferite adâncimi ale verticalelor de viteză. Aceste determinări stau la baza calculării **vitezelor medii ale apei în verticalele de viteză**, care servesc la obținerea debitului de apă prin metoda secțiune-viteză.

Pentru stabilirea vitezelor medii pe verticală, cu ajutorul vitezelor punctuale, pot fi utilizate trei metode principale: analitică, grafomecanică și grafoanalitică.

Metoda analitică este cea mai utilizată în activitatea hidrometrică și constă în aplicarea de formule standard în funcție de numărul punctelor de măsurare a vitezei, deci de adâncimea apei, astfel:

- la adâncimi de 15-20 cm, când viteza se determină într-un singur punct (la 0,6h), viteza medie a verticalei se consideră egală cu cea punctuală:

$$V_m = V_{0,6\,h};$$

- la adâncimi de 21-40 cm, când sunt două puncte de măsurare („suprafață" și „fund"), viteza medie a verticalei este media aritmetică a vitezelor punctuale:

$$V_m = (V_s + V_f)/2;$$

- la adâncimi de 41-80 cm, când se măsoară vitezele în trei puncte (0,2h; 0,6h; 0,8h), viteza medie se obține cu ajutorul relației:

$$V_m = (V_{0,2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h})/4;$$

- la adâncimi de peste 81 cm, situație în care există cinci viteze punctuale („suprafață"; 0,2h; 0,6h; 0,8h; „fund"), viteza medie a verticalei se obține aplicând formula:

$$Vm = (Vs + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_f)/10.$$

De exemplu, dacă într-o verticală de viteză cu adâncimea de 1,2 m s-au măsurat următoarele viteze punctuale: V_s = 1 m/s; $V_{0,2h}$ = 1,4 m/s; $V_{0,6h}$ = 1,2 m/s, $V_{0,8h}$ = 1,1 m/s, V_f = 0,8 m/s, viteza medie a verticalei va fi:

$$V_m = (1 + 3 \cdot 1,4 + 3 \cdot 1,6 + 2 \cdot 1,1 + 0,8)/10 = 1,18 \text{ m/s}.$$

În activitatea hidrologică, importantă este cunoașterea **vitezei medii a apei în secțiunea transversală a râului (V_m)**. Aceasta se poate determina pe baza relației care există între debitul de apă (Q) și suprafața secțiunii prin care se scurge (Ω):

$$Q = \Omega \cdot V_m, \text{ deci:}$$

$V_m = Q/\Omega$ (debitul se exprimă în m^3/s, iar suprafața secțiunii în m^2).

Viteza medie a apei într-o secțiune (V_m, în m/s) se mai poate calcula și prin **metoda hidraulică**, cu ajutorul ***formulei lui Chézi-Bazin***:

$$V_m = C\sqrt{RI},$$

unde: C = coeficient de debit;
R = raza hidraulică (m) (a se vedea 13.4.);
I = panta suprafeței apei (m/km).

Tot cu ajutorul elementelor hidraulice (raza hidraulică - R și panta oglinzii apei - I) se poate determina viteza medie a apei într-o secțiune (V_m), utilizând ***formula lui Manning***:

$$V_m = \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n},$$

unde n este un coeficient de rugozitate, iar valorile lui sunt date în tabele, în funcție de caracteristicile albiilor.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care sunt forțele care acționează asupra apei râurilor și ce tipuri de mișcări efectuează aceasta?*

2. *Cum variază viteza apei râului în profil transversal și pe verticală?*

3. *Să se enumere principalele dispozitive de măsurare a vitezei apei.*

4. *Cum este principiul de măsurare a vitezei apei cu morișca hidrometrică? Dar cu flotorii de suprafață?*

5. *Să se construiască hodograful vitezei apei într-o verticală cu adâncimea de 1 m, în care s-au determinat cu morişca hidrometrică următoarele viteze punctuale: Vs = 0,8 m/s, $V_{0,2h}$ =1 m/s, $V_{0,6h}$ = 0,7 m/s, $V_{0,8h}$ = 0,6 m/s şi V_f= 0,4 m/s). Să se calculeze viteza medie a apei în verticala respectivă, prin metoda analitică.*

6. *Cum se determină viteza medie a apei într-o secţiune transversală a râului?*

---

14. NIVELUL APEI RÂURILOR

Cunoaşterea sistematică a caracteristicilor cantitative şi calitative ale râurilor se realizează pe bază de măsurători şi observaţii, efectuate conform unor programe standard, în amplasamente stabile, numite **posturi** sau **staţii hidrometrice**. Totalitatea acestora alcătuieşte **reţeaua hidrometrică**, componentă de bază a sistemului hidrologic naţional.

Nivelul apei râului este unul dintre cei mai importanţi parametri hidrologici care se măsoară la posturile hidrometrice. El reprezintă poziţia suprafeţei libere a apei faţă de un plan orizontal fix de raportare. Se notează simbolic cu litera „H" şi se exprimă în cm. Cunoaşterea regimului său de variaţie este necesară în mai multe domenii de activitate: navigaţie, proiectarea şi exploatarea diferitelor construcţii şi amenajări hidrotehnice, apărarea împotriva inundaţiilor, utilizarea apei pentru alimentări cu apă potabilă şi industrială, pentru irigaţii etc. Un aspect deosebit al importanţei cunoaşterii nivelului apei îl constituie faptul că ea permite determinarea indirectă a altor parametri hidrologici a căror variaţie este direct dependentă de cea a nivelului. Între aceştia se impune debitul de apă, ale cărui valori zilnice se obţin prin corelarea cu nivelurile, cu ajutorul cheii limnimetrice (a se vedea 15.1.3.).

14.1. DISPOZITIVE DE DETERMINARE A NIVELULUI APEI RÂURILOR

În vederea efectuării măsurătorilor asupra nivelului apei râului, posturile hidrometrice dispun de dispozitive şi instalaţii speciale, precum: mirele hidrometrice, limnigrafele, telelimnimetrele şi telelimnigrafele.

➢ **Mirele hidrometrice** au cea mai largă răspândire deoarece nu sunt costisitoare şi permit determinarea cu uşurinţă a nivelurilor. Ele se află în dotarea tuturor posturilor hidrometrice, chiar dacă acestea sunt prevăzute şi cu alte dispozitive de măsurare a nivelului. Sunt instalaţii ce includ, de regulă, o placă de miră şi un suport pe care aceasta se fixează.

Placa de miră este din metal (de obicei, din duraluminiu) cu gradaţii grupate în forma literei „E". Plăcile pot fi pentru mire verticale şi înclinate.

La ***plăcile pentru mire verticale***, dimensiunea unui „E" este de un decimetru, gradaţiile fiind redate din 2 în 2 cm (fig. 14.1.).

O astfel de placă are dimensiunea de 50 cm. În cazul ***mirelor înclinate***, gradaţiile sunt mai mari de 2 cm, în funcţie de unghiul de înclinare a plăcii, astfel

încât citirea să reprezinte centimetri pe verticală; lungimea plăcii este mai mare de 50 cm (fig. 14.2.)

Mirele se fixează pe suporturi şi se amplasează în apă, în vecinătatea unuia din malurile râului sau direct pe mal, în poziţie verticală sau înclinată. ***Mirele verticale*** se fixează, pe piloţi izolaţi sau în scară, pe construcţiile hidrotehnice (picioare de pod, culee, pile) sau uneori direct pe stâncă. ***Mirele înclinate*** sunt instalate pe mal sub un anumit unghi, printr-o construcţie specială.

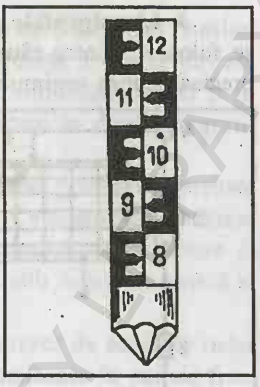


Fig. 14.1. *Mină hidrometrică verticală.*

Pentru înregistrarea nivelurilor extreme ale apei (minime sau maxime) se utilizează instalaţii de mină speciale cum sunt ***cutia martor sau cutia Blizniak*** (al cărui interior se albeşte cu cretă ce se şterge pe măsură ce nivelul apei se ridică şi se măsoară ulterior cu o riglă fixă sau portabilă nivelul maxim până la care a urcat apa) (fig. 14.3.) şi ***mirele cu zimţi*** sau ***cu flotori***, în cazul cărora nivelul maxim sau minin este indicat de poziţia în care se blochează flotorul (fig. 14.4).

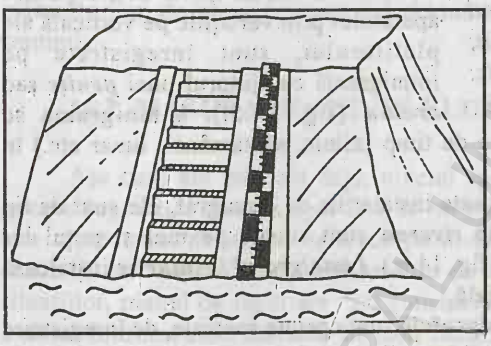


Fig. 14.2. *Mină hidrometrică înclinată, cu trepte de coborâre pentru citirea corectă la nivelului apei.*

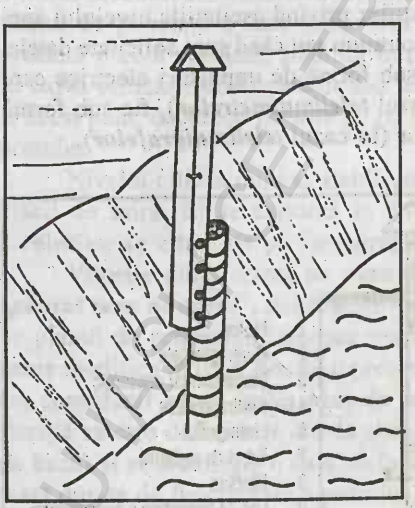


Fig. 14.3. *Mină specială: cutia martor de măsurare a nivelului maxim.*

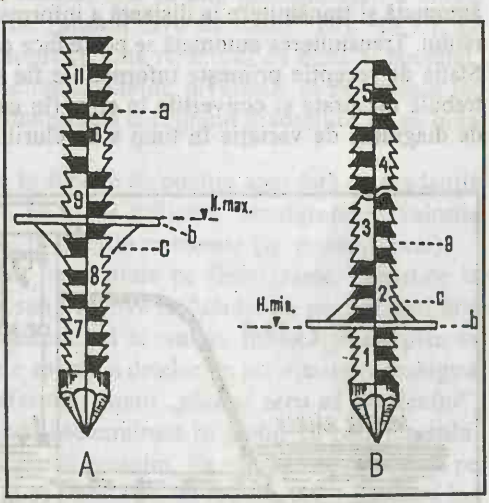


Fig. 14.4. *Mire speciale cu zimţi: A – pentru măsurarea nivelului maxim; B – pentru măsurarea nivelului minim (a – zimţii mirei; b - discul flotor; c – lama arcuită).*

➢ **Limnigrafele** sunt instalații pentru măsurat nivelul apei mai complexe, ce se folosesc pentru râurile la care sunt necesare informații mai detaliate și mai precise asupra regimului de variație a nivelurilor apei. Ele permit înregistrarea continuă și automată a oscilațiilor de nivel într-o anumită perioadă de timp.

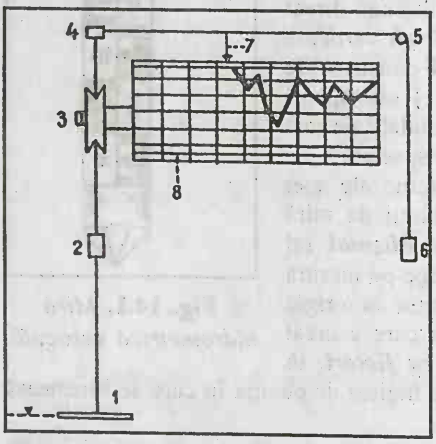


Fig. 14.5. *Schema simplificată a unui limnigraf: 1 – flotor; 2, 6 – contragreutăți; 3, 5 – scripeți; 4 – mecanism de ceasornic; 7 – peniță; 8 – tambur cu limnigramă.*

O instalație de limnigraf este alcătuită dintr-un aparat înregistrator montat într-o căsuță de protecție situată deasupra unui puț care comunică cu apa râului. Variațiile de nivel sunt transmise aparatului de un ***plutitor*** situat în interiorul tubului. Acesta are legătură prin intermediul unui scripete cu un ***tambur*** de formă cilindrică, pe care se înfășoară o hârtie specială, numită ***limnigramă***. Tamburul se rotește în jurul unui ax sub acțiunea unui mecanism de ceasornic. Oscilațiile nivelului apei în râu, transmise aparatului prin variațiile pe verticală ale plutitorului, sunt înregistrate pe limnigramă cu ajutorul unei ***peniță*** sau ***creion*** (fig. 14.5.). Limnigrama se schimbă periodic, la intervale diferite de timp (zilnic, săptămânal, lunar etc.) în funcție de tipul aparatului.

După modul în care sunt amplasate instalațiile de limnigraf, ele sunt de tip riveran și de tip insular. Cele de ***tip riveran*** sunt situate pe mal și puțul lor comunică cu apa râului printr-un tub (fig. 14.6.). ***Limnigraful insular*** se instalează în albia râului pe o construcție specială.

➢ **Telelimnimetrele** și **telelimnigrafele** sunt aparate speciale, de înregistrare automată și transmitere la distanță a informațiilor privind oscilațiile nivelului apei râului. Transmiterea automată se poate face continuu sau când sunt solicitate datele. Stația de recepție primește informațiile fie sub formă de impulsuri electrice care trebuie măsurate și convertite în cifre (în cazul ***telelimnimetrelor***), fie sub formă de diagramă de variație în timp a nivelurilor (în cazul ***telelimnigrafelor***).

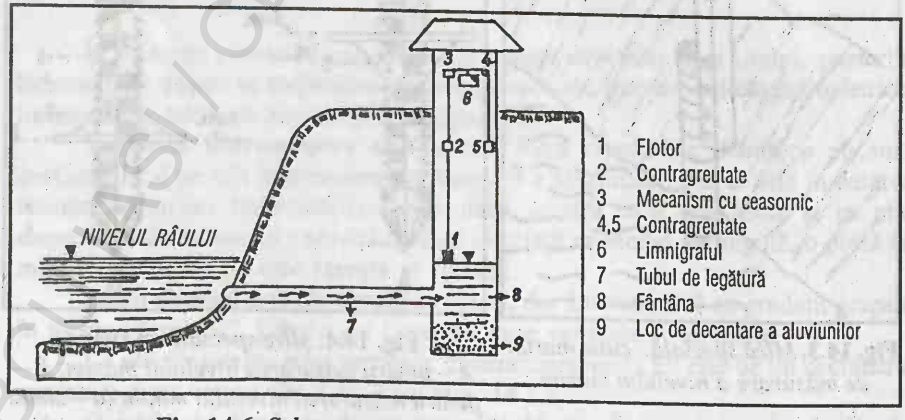


Fig. 14.6. *Schema instalației de limnigraf de tip riveran.*

În scopul perfecționării metodologiei de măsurare a nivelului apei râurilor, au fost concepute noi tehnici și dispozitive, utilizate în prezent în unele țări ale Europei Occidentale și S.U.A., atât în rețeaua de posturi hidrometrice, cât și în determinările expediționare. Aceste noi tehnici pot fi grupate în două categorii: măsurători hidrostatice și măsurători fără contact cu apa.

➢ **Măsurătorile hidrostatice** au ca principiu determinarea presiunii exercitate de înălțimea coloanei de apă asupra unui captor de presiune. Ca dispozitive utilizate în acest tip de măsurători se înscriu ***limnigraful cu captori de presiune*** și ***limnigraful cu bule de aer***. Datele oferite de acestea sunt sub forma numerică și în flux continuu.

➢ **Măsurătorile fără contact cu apa** constau în emiterea de semnale radar sau de ultrasunete cu ajutorul unor dispozitive speciale amplasate în puncte fixe, la o anumită distanță deasupra nivelului apei. Principiul de măsurare constă în determinarea timpului în care semnalele emise de aparate și reflectate de oglinda apei parcurg distanța de la emițător la receptor.

În funcție de tipul de semnal utilizat, măsurătorile fără contact cu apa se pot efectua cu ***dispozitive radar*** sau cu ***dispozitive cu ultrasunete***. Rezultatele măsurătorilor de acest tip sunt sub formă numerică și în majoritatea cazurilor, continue.

14.2. MĂSURAREA NIVELULUI APEI

Așa cum am precizat deja, nivelul apei unui râu (H) este definit ca fiind poziția suprafeței libere a apei față de un plan orizontal fix de raportare . Acesta este reprezentat de planul ce trece printr-un punct fix, de regulă având o cotă absolută, stabilit în funcție de instalația de măsurare a nivelurilor. În majoritatea situațiilor, planul de raportare este considerat cel care trece prin limita inferioară a mirei hidrometrice. Întrucât în mod normal aici se află gradația zero a mirei, planul de referință a luat denumirea de *„planul zero al mirei"* (fig. 14.7.). El prezintă o cotă absolută, stabilită în raport cu cota reperului de bază al postului. În cazul utilizării limnigrafelor sau telelimnimetrelor, nivelurile se raportează tot la acest plan, deoarece valorile de pe limnigramă corespund gradațiilor de pe mira postului.

Nivelul citit la mină se stabilește în funcție de poziția apei față de gradațiile plăcii de miră. El se exprimă în cm. În cazul utilizării limnigrafelor, valorile nivelurilor se citesc de pe limnigrame, la diferite momente (în general, orar).

Valorile citite direct pe mire sau înregistrate pe limnigrame, raportate la *„planul zero al mirei"*, pot fi pozitive sau negative în funcție de poziția apei față de planul de referință (deasupra sau dedesubtul acestuia). Întrucât acest plan se poate modifica în timp, pentru o precizie sporită a datelor, în activitatea hidrologică s-a considerat un al doilea plan de referință, numit *„planul zero al graficului"*. Poziția sa este definită de o cotă absolută (determinată în raport cu cota reperului de bază) și se stabilește o dată cu înființarea postului. Ea rămâne neschimbată pe toată durata de funcționare a postului și se stabilește, de regulă, 0,5 – 2 m mai jos decât cel mai scăzut nivel pe care îl poate atinge apa.

Diferența dintre cele două planuri de referință (al instalației și al graficului) se notează simbolic cu **ΔH** (fig. 14.7.). Ea este cunoscută la fiecare post și trebuie să fie constantă în timp. Din acest motiv, valoarea ei se verifică periodic. Adăugând

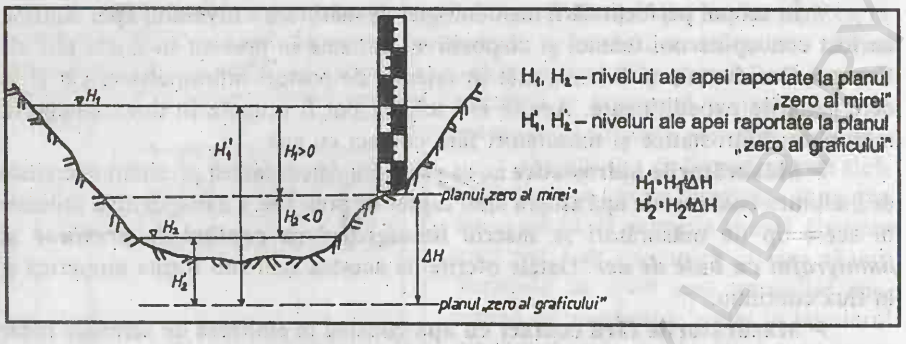


Fig. 14.7. *Citirea nivelului apei la mira pe pilot izolat.*

diferența ΔH la valorile nivelurilor raportate la *„planul zero al mirei"* (H_{zerom}), acestea se pot raporta și la *„planul zero al graficului"* (H_{zerog}):

$$H_{zerog} = H_{zerom} + \Delta H.$$

La posturile hidrometrice, citirea nivelurilor la miră se realizează conform programelor standard, cel puțin de două pe zi, la orele 7 și 17 (6 și 18 în perioada orarului de vară). În situații în care se produc variații diurne mari, citirile de nivel se efectuează mai des, până la intervale de timp cuprinse între 10 minute și 4 ore (în perioade cu ape mari și viituri). Rezultatele determinărilor se înscriu în carnete speciale, lunare și ele vor sta la baza prelucrărilor ulterioare.

Așa cum deja am precizat, în cazul utilizării tehnicilor moderne de măsurare a nivelului apei unui râu (măsurători hidrostatice sau fără contact cu apa), rezultatele obținute sunt în flux continuu și în majoritatea cazurilor de formă numerică, fiind transformate ulterior în valori reale, raportate însă și ele la un plan de referință.

14.3. PRELUCRAREA NIVELURILOR

Nivelurile care se citesc pe mirele hidrometrice, pe limnigrame sau sunt înregistrate de diferite dispozitive reprezintă valori instantanee din timpul unei zile. De aceea pentru necesitățile hidrologice și mai ales, practice, ele se prelucrează sub diferite forme și în diferite moduri.

O primă formă de prelucrare o constituie determinarea **nivelurilor medii zilnice**. Acestea se raportează la *„planul zero al graficului"* și se obțin prin mai multe metode. Cea mai folosită este **metoda analitică**, ce constă în medierea aritmetică a nivelurilor citite pe miră sau înregistrate pe limnigrame (de regulă la intervale de o oră sau de două ore) în fiecare zi.

Pe baza cunoașterii nivelurilor instantanee și a celor medii zilnice, se obțin prin prelucrare nivelurile caracteristice lunare și anuale.

➢ **Nivelurile caracteristice lunare** sunt reprezentate prin: nivelul mediu lunar, nivelul maxim lunar și nivelul minim lunar.

- ***Nivelul mediu lunar*** constituie media aritmetică a nivelurilor medii zilnice dintr-o lună.
- ***Nivelurile maxime și minime lunare*** se extrag din valorile instantanee ale unei luni și reprezintă nivelul cel mai mare, respectiv cel mai mic dintre valorile înregistrate într-o lună și nu cel mai mare sau cel mai mic nivel mediu zilnic din lună.

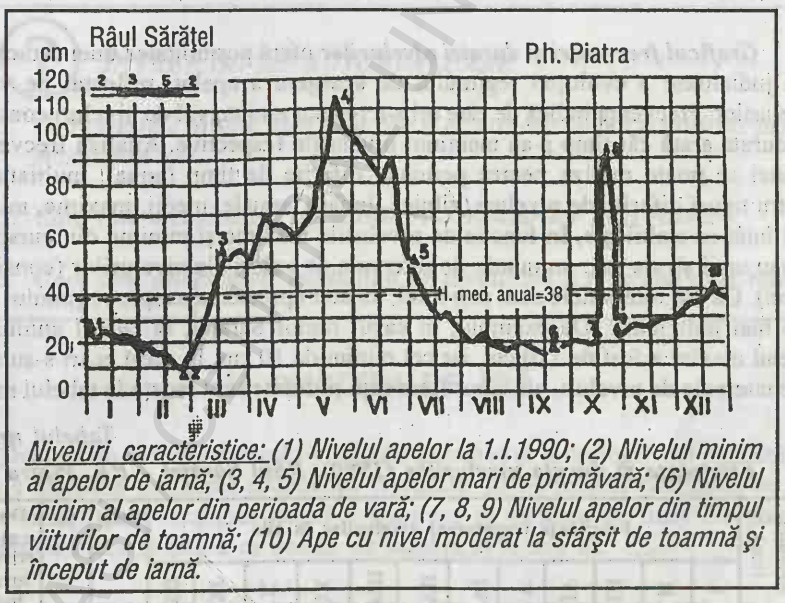
➢ ***Nivelurile caracteristice anuale*** cuprind: nivelul mediu anual, nivelul maxim anual şi nivelul minim anual.

Nivelul mediu anual se obţine din medierea aritmetică a celor 12 niveluri medii lunare. ***Nivelul maxim*** şi ***nivelul minim anual*** corespund celui mai mare nivel maxim lunar, respectiv celui mai mic nivel minim lunar din cursul unui an.

Nivelurile medii zilnice, precum şi nivelurile caracteristice lunare şi anuale sunt prezentate sub formă de fişă (tabel) în ***studiul hidrologic*** al fiecărui post. Astfel de fişe sunt incluse şi în ***Anuarele hidrologice***, publicaţii cu date hidrologice (niveluri, debite lichide şi de aluviuni, temperaturi ale apei, formaţiuni de gheaţă, proprietăţi fizico-chimice ale apei etc.) apărute în România din 1925 (cu date începând din 1914) până în 1974. Ulterior, astfel de date hidrologice nu au mai fost publicate, dar ele există la instituţiile de specialitate (staţii şi servicii hidrologice, I.N.H.G.A.).

Alte modalităţi de prelucrare a nivelurilor constau în întocmirea de grafice de diferite tipuri, care permit analize detaliate şi complexe asupra regimului de evoluţie a nivelurilor. Astfel, utilizând nivelurile zilnice, lunare şi anuale, se realizează frecvent hidrografe ale nivelurilor şi grafice de frecvenţă şi durată a nivelurilor.

➢ ***Hidrograful nivelurilor*** ilustrează oscilaţia în timp a diferitelor tipuri de niveluri (zilnice, lunare, anuale, medii, maxime, minime). El se construieşte într-un sistem de axe rectangulare, în care pe abscisă se reprezintă timpul considerat (în zile, luni, ani), iar pe ordonată, nivelul (în cm) (fig. 14.8.).



Niveluri caracteristice: (1) Nivelul apelor la 1.I.1990; (2) Nivelul minim al apelor de iarnă; (3, 4, 5) Nivelul apelor mari de primăvară; (6) Nivelul minim al apelor din perioada de vară; (7, 8, 9) Nivelul apelor din timpul viiturilor de toamnă; (10) Ape cu nivel moderat la sfârşit de toamnă şi început de iarnă.

Fig. 14.8. *Hidrograful nivelurilor zilnice ale râului Sărăţel, la p.h. Piatra, în anul 1990.*

În afara nivelurilor medii zilnice se mai înscrie pe hidrograf şi nivelul mediu anual, printr-o paralelă la axa absciselor, trasată prin valoarea de pe ordonată egală cu nivelul mediu anual. De asemenea, pe hidrograf se reprezintă şi fenomenele de iarnă produse pe râu, prin semne convenţionale echivalente simbolurilor înscrise în fişele de niveluri (fig. 14.9. şi fig. 14.10.).

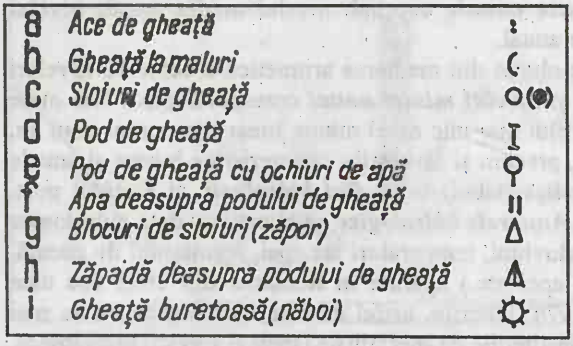


Fig. 14.9. *Simboluri ale fenomenelor de îngheț înscrise în fișele cu niveluri zilnice.*

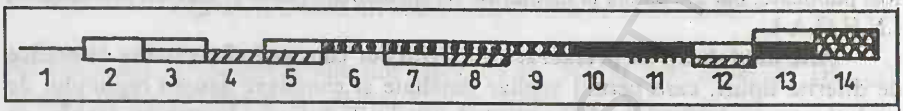


Fig. 14.10. *Principalele semne convenționale utilizate pentru reprezentarea formațiunilor de îngheț pe hidrograful nivelurilor zilnice: 1 – ace de gheață; 2 – gheață la mal; 3 – gheață la mal și ace de gheață; 4 – năboi; 5 – gheață la mal și năboi; 6 – curg sloiuri rare; 7 – curg sloiuri și gheață la mal; 8 – curg sloiuri și năboi; 9 – gheață mobilă în blocuri mari (zăpor); 10 – pod de gheață continuu; 11 – pod de gheață întrerupt; 12 – pod de gheață și năboi; 13 – apa curge peste podul de gheață; 14 – îngheț total pe toată secțiunea, până la fund (după C. Diaconu și colab., 1997 b).*

Graficul frecvenței și duratei nivelurilor oferă posibilitatea unei caracterizări mai judicioase a evoluției regimului de scurgere a apelor, reflectat de variația nivelurilor. Frecvența indică de câte ori s-a repetat un interval de niveluri considerat, iar durata arată cât timp s-au menținut nivelurile respective. Analiza frecvenței și duratei se poate realiza pentru perioade diferite de timp (anual, multianual) și pentru tipuri diferite de niveluri (zilnice, lunare, anuale, medii, maxime, minime). Mai întâi se stabilește, în funcție de nivelurile maxime și minime din cursul unui an sau unui șir de ani, un număr de intervale de valori ale nivelurilor (considerate în cm). Cu cât intervalele sunt mai mici, cu atât aprecierea asupra regimului apelor este mai judicioasă. De exemplu, în cazul râului Sărățel, în cursul anului 1990 nivelul maxim a fost de 110 cm, iar cel minim de 10 cm. În acest ecart s-au stabilit șase intervale de niveluri, ale căror frecvențe și durate sunt redate în tabelul nr. 14.1.

Tabelul nr. 14.1.

Frecvența și durata nivelurilor (1990). Râul Sărățel – P.h. Piatra

Intervale niveluri (cm)	Frecvența (repetarea) nivelurilor în zile												Total	%	Durata Niveluri-lor	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
101-110					7								7	1,9	7	1,9
81-100					13	20				1			34	9,2	41	11,1
61-80				26	11								37	10,1	78	21,2
41-60			19	4		10	3			1			37	10,1	115	31,3
21-40	26	1	10				24			2	30	31	124	34,2	238	65,5
0-20	5	27	2				4	31	30	27			126	34,5	365	100

Graficul de frecvenţă şi durată a nivelurilor se construieşte având la bază un sistem de axe rectangulare, unde pe abscisă se va reda numărul de zile (sau procente din numărul zilelor dintr-un an), iar pe ordonată se vor reprezenta nivelurile (în cm), în funcţie de care se reprezintă şi intervalele de niveluri. Frecvenţa va fi reprezentată sub forma diagramei în benzi, iar durata, sub forma unei linii curbe, numită curbă de durată a nivelurilor (fig. 14.11.).

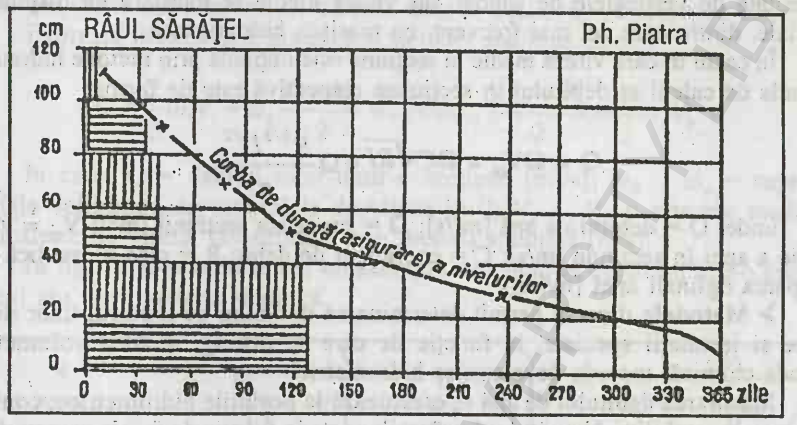


Fig. 14.11. *Graficul frecvenţei şi duratei nivelurilor.*

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Ce reprezintă nivelul apei unui râu şi ce dispozitive pot fi utilizate pentru măsurarea sa?*
2. *Care este metodologia de măsurare a nivelurilor apei râului?*
3. *Care sunt principalele modalităţi de prelucrare a nivelului apei râului?*

15. DEBITUL DE APĂ

Debitul de apă sau debitul lichid este parametrul hidrologic cel mai utilizat pentru a exprima scurgerea sistemelor fluviatile. El reprezintă cantitatea de apă care se scurge prin secţiunea activă a unui râu în unitatea de timp. Se notează simbolic cu litera Q şi are ca unităţi de măsură m^3/s sau l/s.

15.1. METODE DE DETERMINARE A DEBITULUI DE APĂ

Determinarea debitelor lichide ale râurilor se poate realiza prin metode indirecte sau directe, în funcţie de precizia dorită, de caracteristicile scurgerii, de mijloacele tehnice ş.a.

➢ **Metodele indirecte** presupun determinarea mai întâi a unor elemente hidraulice şi de dinamică (suprafaţa secţiunii, raza hidraulică, viteza apei, panta oglinzii apei etc.) ce vor fi introduse în formule.

Dintre metodele indirecte, cea mai utilizată este metoda ***secţiune-viteză***, bazată pe relaţia care există între debitul de apă (Q), suprafaţa secţiunii (Ω) şi viteza medie a apei în secţiune (V_m):

$$Q = \Omega V_m.$$

Suprafaţa secţiunii se determină prin însumarea ariilor figurilor geometrice delimitate de verticalele de sondaj, iar viteza medie se măsoară cu dispozitive speciale, dintre care cel mai frecvent, cu morişca hidrometrică.

În cazul în care viteza medie în secţiune este obţinută prin metode hidraulice, formula de calcul al debitului în secţiunea respectivă este de forma:

$$Q = \Omega V_m = \Omega C\sqrt{RI} = \Omega \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n},$$

unde: Q = debitul de apă [m^3/s]; Ω = suprafaţa secţiunii [m^2]; V_m = viteza medie a apei în secţiune [m/s]; C = coeficient de debit; R = raza hidraulică [m]; I = panta oglinzii apei [m/km].

➢ **Metodele directe** permit determinarea debitului cu ajutorul unor dispozitive şi instalaţii speciale, în funcţie de care se disting: metoda volumetrică, metoda chimică, metoda deversorilor hidrometrici.

Măsurarea debitului de apă se efectuează la posturile hidrometrice, conform programelor stabilite. Numărul măsurătorilor este în funcţie de fazele caracteristice ale regimului hidrologic, de mobilitatea albiei, de prezenţa fenomenelor de iarnă şi a vegetaţiei, putând oscila, în medie între 25 şi 75 pe an.

15.1.1. DETERMINAREA DEBITULUI DE APĂ PRIN METODA SECŢIUNE-VITEZĂ, UTILIZÂND MORIŞCA HIDROMETRICĂ

După cum am precizat anterior (13.2.2.), cu ajutorul moriştii hidrometrice se determină vitezele apei în unul sau mai multe puncte dintr-un număr de verticale fixe, iar pe baza acestora se calculează vitezele medii ale verticalelor respective.

Cunoscând vitezele medii ale verticalelor stabilite, debitul de apă dintr-o secţiune poate fi calculat prin mai multe metode şi anume: metoda analitică, metoda grafomecanică, metoda grafoanalitică şi metoda izotahelor.

Metoda analitică este cea mai uşoară şi din acest motiv, cel mai frecvent folosită în practica hidrologică. Ea constă în determinarea debitului total (Q) dintr-o secţiune, prin însumarea debitelor parţiale (q_i) care se scurg printre verticalele de viteză: $Q = \Sigma q_i$ (fig. 15.1.). Fiecare debit parţial (q_i) este calculat ca produs între suprafaţa delimitată de verticalele de viteză (ω_i) şi viteza medie a apei între verticalele ce delimitează suprafaţa ω_i (V_{mi}): $q_i = \omega_i V_{mi}$.

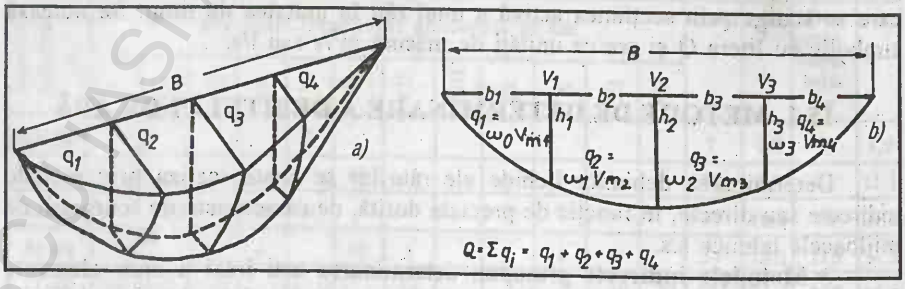


Fig. 15.1. *Schiţă pentru calculul debitului de apă cu ajutorul moriştii hidrometrice prin metoda analitică (a – vedere în spaţiu; b – vedere în plan).*

Suprafețele parțiale (ω_i) dintre verticalele de viteză se calculează prin asimilarea lor unor figuri geometrice (se cunosc din măsurători directe adâncimile apei - h_i și distanțele dintre verticalele de sondaj - b_i).

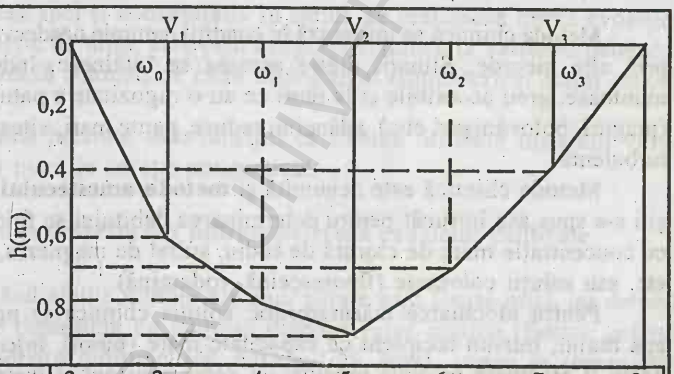
Vitezele medie ale apei între verticalele de viteză (V_{mi}) se obțin la malurile secțiunii, înmulțind cu 2/3 viteza medie a primei, respectiv ultimei verticale, iar în interior, prin medierea aritmetică a vitezelor medii ale verticalelor învecinate (vitezele medii ale verticalelor se calculează prin metoda analitică – a se vedea 13.1.3.).

Expresia matematică sintetică a metodei analitice este:

$$Q = \frac{2}{3}\omega_0 V_1 + \omega_1 \frac{V_1 + V_2}{2} + \ldots + \omega_{n-1} \frac{V_{n-1} + V_n}{2} + \frac{2}{3}\omega_n V_n ,$$

în care: Q = debitul total dintr-o secțiune [m^3/s]; ω_0 ... ω_n = suprafețe parțiale delimitate de verticalele de viteză [m^2]; V_1 ... V_n = vitezele medii ale verticalelor de viteză, determinate prin metoda analitică [m/s].

În fig. 15.2. este prezentat un exemplu de calcul al debitului într-o secțiune a unui râu, prin metoda analitică.



Distanța de la reper, în m	2	3	4	5	6	7	8
Adâncimea, în m	0	0,6	0,8	0,9	0,7	0,4	0
Suprafața dintre verticalele de sondaj, în m^2	0,3	0,7	0,85	0,8	0,55	0,2	
Suprafața dintre verticalele de viteză, în m^2	0,3	1,55		1,35		0,2	
Viteza medie pe verticală, în m/s	0,4		1,18		0,5		
Viteza medie între verticale, în m/s	0,27	0,79		0,84		0,33	
Debitul parțial - q_i, în m^3/s	0,081	1,224		1,134		0,066	

$Q = \Sigma qi = 0,081 + 1,224 + 1,134 + 0,006 = 2,505\ m^3/s$

$$Q = \frac{2}{3}\omega_0 V_1 + \omega_1 \frac{V_1 + V_2}{2} + \omega_2 \frac{V_2 + V_3}{2} + \frac{2}{3}\omega_3 V_3$$

$$Q = \frac{2}{3} 0,3 \cdot 0,4 + 1,55 \frac{0,4 + 1,18}{2} + 1,35 \frac{1,18 + 0,5}{2} + \frac{2}{3} \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,081 + 1,224 + 1,134 + 0,066 = 2,505\ m^3/s$$

Fig. 15.2. *Determinarea debitului de apă prin metoda analitică.*

15.1.2. METODE DIRECTE DE DETERMINARE A DEBITULUI DE APĂ

15.1.2.1. Metoda volumetrică

Această metodă se utilizează pentru a stabili debitul de apă la izvoare şi pâraie. Ea constă în determinarea timpului de umplere a unui recipient de volum cunoscut. Izvorul sau pârâul căruia urmează a i stabili debitul trebuie amenajat cu un jgheab prin care să se concentreze toată apa sa. Durata de umplere a recipientului se stabileşte cu ajutorul unui cronometru.

Debitul se determină cu ajutorul relaţiei:

$$Q = W/T \ [1/s],$$

în care: Q = debitul (în l/s); W = volumul recipientului (în litri); T = durata de umplere a vasului (în secunde).

15.1.2.2. Metoda chimică (a diluţiei)

Metoda chimică se utilizează în condiţii naturale neadecvate pentru măsurători prin alte metode. Situaţii dintre acestea se întâlnesc, îndeosebi, în regiunile muntoase, greu accesibile şi la râuri ce au o rugozitate a patului foarte accentuată (praguri, bolovănişuri etc.), adâncimi reduse, pante mari, viteze ridicate şi scurgere turbulentă.

Metoda chimică este denumită şi **metoda amestecului** ori **metoda diluţiei** şi i s-a spus aşa întrucât pentru determinarea debitului se folosesc soluţii solubile cu concentraţie mare de clorură de sodiu, sulfat de magneziu, bicarbonat de sodiu etc. sau soluţii colorante (fluoresceină, rodamină).

Pentru efectuarea măsurătorilor, soluţia chimică se pregăteşte aproape de apa râului, într-un recipient cu capacitate mare (butoi). Injectarea soluţiei în râu poate fi efectuată în două moduri: *cu debit constant* şi *instantaneu*.

➢ În cazul utilizării **metodei de injectare cu debit constant**, recipientul de lansare a soluţiei este prevăzut cu un robinet ce poate regla o valoare dorită, constantă, a debitului soluţiei. În aval de punctul lansării în apă a soluţiei trasoare (de NaCl, de exemplu) se iau probe de apă cărora li se determină concentraţia. Durata de lansare a soluţiei este de 10-20 minute, iar probele de analiză se colectează în profilul din aval la fiecare două minute câte trei probe de 0,5 l de la suprafaţa apei, una din mijlocul albiei minore şi câte una de la ambele maluri.

În vederea obţinerii debitului prin această metodă vom nota cu: q = debitul soluţiei, în l/s; K_1 = concentraţia soluţiei lansată în apă, în g/l; Q = debitul râului în l/s; K_0 = gradul de mineralizare natural al apei (g/l); K_2 = concentraţia soluţiei în proba colectată (g/l).

Dacă considerăm că debitul soluţiei la locul de lansare este egal cu debitul soluţiei la locul de colectare a probelor, atunci se obţine următoarea egalitate:

$$Q \cdot K_0 + q \cdot K_1 = (Q + q)\ K_2$$

În această situaţie debitul de apă va fi:

$$Q = q \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_0}.$$

➢ **Metoda injectării instantanee (prin integrare)** constă în lansarea într-un punct al râului a unei soluții trasoare, de volum (V) și concentrație (C_1) cunoscute. După un traseu suficient de lung pentru ca soluția să se amestece bine cu apa râului, sunt prelevate eșantioane pe parcursul întregii durate de trecere a „norului" soluției. Prelevările sunt efectuate în mai multe puncte ale secțiunii transversale a râului, astfel încât să se poată stabili o valoare medie a concentrație apei (C_2), care este în funcție de timpul de deplasare și de punctul de recoltare.

Valoarea medie exactă a lui C_2 se obține prin integrarea în funcție de timp a concentrațiilor apei determinate în diferite momente și locuri ale profilului de măsurare.

Un caz particular al metodei diluției prin injectare instantanee este acela în care se utilizează soluție de NaCl, a cărei detectare se realizează cu ajutorul **sondei conductivimetrice**. O masă cunoscută de sare (NaCl) se diluează într-un volum de apă din râu și se lansează instantaneu în cursul de apă. La o distanță suficient de lungă pentru a se amesteca bine soluția cu apa din râu se amplasează sonda conductivimetrică. Aceasta măsoară conductivitatea electrică a apei pe parcursul trecerii „norului" de sare. Cunoscându-se relația de dependență directă dintre conductivitatea apei și concentrația în săruri, se realizează curba evoluției concentrației în funcție de timp, care prin integrare conduce la valoarea debitului (integrarea se realizează automat de către dispozitivul computerizat atașat sondei conductivimetrice).

Metoda chimică prezintă dezavantajul că trebuie utilizate instalații voluminoase și cantități mari de soluție concentrată.

15.1.2.3. Metoda deversorilor hidrometrici și a canalelor calibrate

În situațiile când albiile minore ale unor pâraie sunt foarte mici, iar debitul de apă nu se poate determina cu ajutorul dispozitivelor clasice (flotori, prăjini hidrometrice sau morișca hidrometrică, bastonul lui Jens), atunci se recomandă folosirea unor construcții hidrotehnice, precum **deversorii hidrometrici** și **canalele calibrate**. Ele se utilizează pentru măsurarea debitelor de pe pâraiele foarte mici, cu albii înguste, de pe canale de alimentare și de pe rigolele de irigație. Funcționarea acestor dispozitive se bazează pe aplicarea legilor hidrodinamicii.

➢ **Deversorii** pot avea diferite forme geometrice. Ei se așează perpendicular pe direcția de curgere a pârâului, iar debitul de apă se va calcula în raport de grosimea stratului de apă (sarcina) ce trece peste pragul deversorului. Frecvent, pentru măsurarea debitelor de pe canale, pâraie sau rigole de irigații se folosesc deversorii hidrometrici portativi. Aceștia sunt confecționați din tablă metalică nu prea grea, pentru a fi manevrată cu ușurință.

În afară de deversorii portativi, pentru unele rigole sau pâraie care ar constitui obiective hidrologice de interes local, particular sau social se pot construi deversori cu prag larg. Aceștia pot avea pragul neinundat sau îl pot avea inundat.

Deversorii portativi sau deversorii cu pereți subțiri pot fi de formă dreptunghiulară, trapezoidală, triunghiulară, parabolică și radială (fig. 15.3.). Fiecare deversor, în funcție de tipul său, are o formulă de calcul al debitului în care un parametru important îl reprezintă grosimea stratului de apă (sarcina) care traversează pragul (grosime notată cu H). Aceasta se determină cu ajutorul unei mire, iar în lipsa ei, cu o riglă. Există însă și tabele care în raport de forma deversorului și de sarcina H, indică debitul în m^3/s sau l/s.

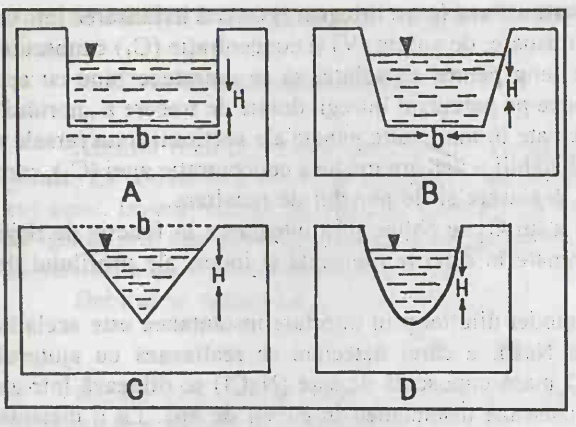


Fig. 15.3. *Tipuri de deversori: A – deversor dreptunghiular; B – deversor trapezoidal; C – deversor triunghiular; D – deversor parabolic (H = grosimea lamei deversate; b = lăţimea pragului deversorului).*

➢ **Canalele calibrate** sunt construcţii speciale ce au drept scop concentrarea scurgerii printr-un spaţiu restrâns şi accelerarea astfel a vitezei de curgere. Ca şi în cazul deversorilor, la baza obţinerii debitului de apă (Q) se află relaţia dintre acesta şi grosimea stratului de apă scurs sau sarcina (H): Q = f(H). Construirea unor astfel de canale trebuie să respecte un ansamblu de norme, în funcţie de caracteristicile scurgerii şi ale albiei minore. Un exemplu de canal calibrat este canalul Venturi.

15.1.3. DETERMINAREA DEBITELOR DE APĂ CU AJUTORUL CHEII LIMNIMETRICE

Determinarea debitului de apă cu ajutorul cheii limnimetrice constituie una din metodele de bază de obţinere indirectă a debitelor, utilizate în activitatea hidrologică. Ea este folosită îndeosebi pentru determinarea debitelor zilnice, cunoscându-se debitele măsurate şi nivelurile corespunzătoare acestora. Cheia limnimetrică prezintă, aşadar, o importanţă practică majoră, întrucât pe baza nivelurilor medii zilnice şi a debitelor măsurate, pot fi obţinute debite zilnice fără a se mai proceda la măsurarea lor în fiecare zi.

Principiul metodei constă în stabilirea unei relaţii între nivelul apei şi debit. Această relaţie poartă numele de **cheie limnimetrică** şi poate fi exprimată grafic (curba nivel-debit), sub formă tabelară sau analitic (expresie matematică).

1. Curba nivel-debit ilustrează grafic legătura dintre nivelul (H) şi debitul apei (Q) într-o secţiune: $Q = f(H)$. Ea se trasează într-un sistem de axe rectangulare în care pe abscisă se reprezintă debitul de apă (Q, în m^3/s), iar pe ordonată, nivelul (H, în cm). Pentru alegerea scărilor se recomandă ca dreapta care uneşte punctele extreme să formeze cu axa absciselor unghiuri de cca. 45-60°.

Prin corelarea valorilor debitelor măsurate cu cele ale nivelurilor corespunzătoare lor, se înscriu pe grafic mai multe puncte. În condiţiile în care patul albiei este stabil, iar scurgerea apei este liberă şi nu suportă influenţe modificatoare, punctele sunt dispuse sub forma unui areal alungit, iar cheia limnimetrică este reprezentată de o curbă unică ce trece prin mijlocul punctelor, având concavitatea orientată spre axa debitelor. Faţă de curba trasată, punctele trebuie să se situeze în limitele unei abateri de ± 10%.

Pentru o evaluare cât mai corectă a debitului de apă se mai construiesc **curbele** $\Omega = f(H)$ şi $V_m = f(H)$ (Ω = suprafaţa secţiunii de scurgere, în m^2, iar V_m

= viteza medie a apei, în m/s) (fig. 15. 4.A). Cu ajutorul lor poate fi verificată curba Q = f(H), efectuându-se pentru fiecare 10 cm de pe scara nivelurilor, produsul Ω x Vm, care trebuie să dea valoarea pentru Q identică (sau în limitele de ± 5%) cu cea indicată, pentru nivelul respectiv, de curba Q = f(H). În acelaşi timp, corelaţiile Ω = f(H) şi V_m = f(H) servesc şi la verificarea punctelor care se abat de la cheia limnimetrică (valorile "a" din fig. 15.4.A).

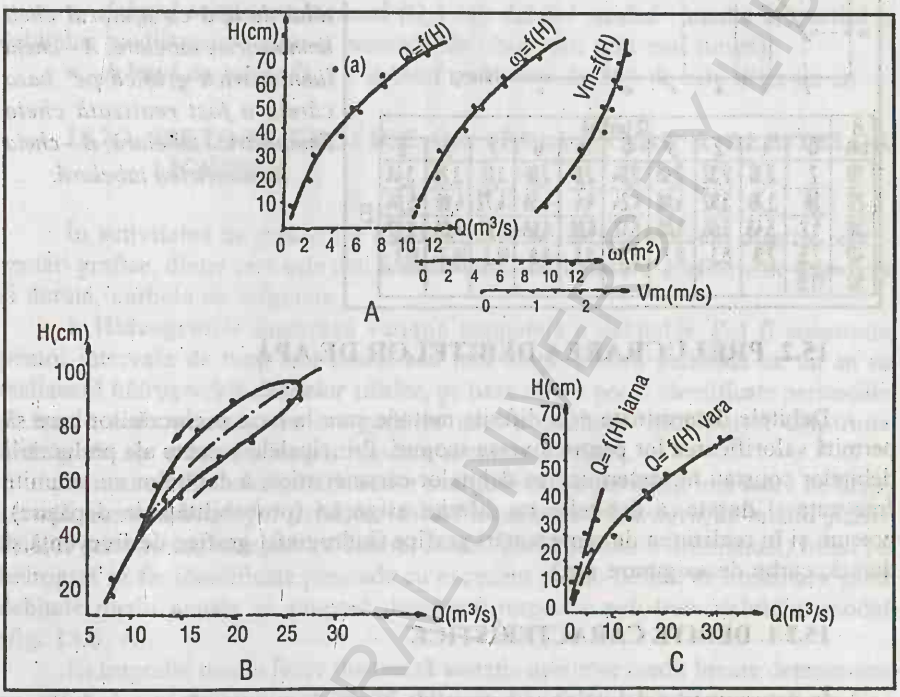
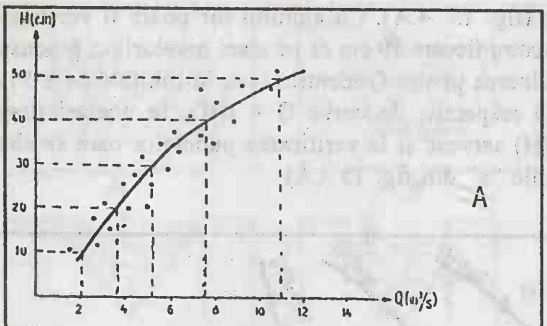


Fig. 15.4. *Chei limnimetrice grafice: A – curbele Q,ω, V_m = f(H); B - curba Q = f(H) în cazul unei viituri; C – curba Q = f(H) diferenţiată pentru perioada de iarnă; Q – debitul de apă, în m^3/s; ω – suprafaţa secţiunii active, în m^2; V_m – viteza medie a apei, în m/s; (a) – puncte care se abat de la cheia limnimetrică.*

Debitul de apă pentru un nivel cunoscut se determină citind pe cheia limnimetrică valoarea lui Q corespunzătoare nivelului respectiv.

În natură există numeroase situaţii în care ***patul albiei este instabil, iar scurgerea apei este influenţată*** (în perioadele mai mari sau mai mici) din cauza producerii viiturilor, a fenomenului de remuu, a prezenţei formaţiunilor de gheaţă sau a vegetaţiei etc. În asemenea cazuri, cheia limnimetrică nu se mai prezintă sub forma unei curbe unice cu concavitatea spre axa debitelor, ci poate prezenta bucle şi ramuri, variabile pentru perioade relativ scurte de timp (fig. 15.4. B şi C).

2. Cheia limnimetrică tabelară se realizează pe baza curbei Q = f(H) şi permite determinarea rapidă a debitelor pe baza cunoaşterii nivelurilor. Determinarea debitelor cu ajutorul cheii tabelare se realizează citind în tabel valoarea lui Q corespunzătoare nivelului dorit. De exemplu, în fig. 15.5., debitul corespunzător nivelului H = 25 cm este Q = 4,4 m^3/s.



H cm	Q (m³/s) 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2	2,16	2,32	2,48	2,64	2,8	2,96	3,12	3,28	3,44
20	3,6	3,76	3,92	4,08	4,24	4,4	4,56	4,72	4,88	5,04
30	5,2	5,43	5,66	5,89	6,12	6,35	6,58	6,81	7,04	7,27
40	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,5	9,9	10,3	10,7	11,1
50	11,5									

B

Fig. 15.5. *Determinarea debitului de apă cu ajutorul cheii limnimetrice tabelare; A – cheia limnimetrică grafică pe baza căreia a fost realizată cheia limnimetrică tabelară; B – cheia limnimetrică tabelară.*

15.2. PRELUCRAREA DEBITELOR DE APĂ

Debitele determinate prin diferite metode stau la baza prelucrărilor care să permită valorificarea lor pentru diverse scopuri. Principalele aspecte ale prelucrării debitelor constau în: determinarea debitelor caracteristice, a debitelor cu anumite frecvenţe şi durate, a debitelor cu diferite asigurări (probabilităţi de depăşire), precum şi în realizarea de reprezentări grafice (hidrografe, grafice de frecvenţă şi durată, curbe de asigurare etc.).

15.2.1. DEBITE CARACTERISTICE

În determinarea debitelor caracteristice, o etapă importantă o reprezintă cea a calculării **debitelor zilnice**. Principala metodă utilizată în acest scop este cea a cheii limnimetrice.

Pe baza debitelor zilnice şi a celor măsurate se stabilesc şi analizează debitele caracteristice din timpul unui an sau pentru o perioadă multianuală. Dintre acestea, cele mai reprezentative sunt:

a) debitele caracteristice lunare:

- ***debitul mediu lunar*** ($Q_{med\cdot lun.}$) - media aritmetică a debitelor zilnice dintr-o lună;
- ***debitul maxim lunar*** ($Q_{max.\ lun.}$) – debitul corespunzător nivelului maxim dintr-o lună;
- ***debitul minim lunar*** ($Q_{min.\ lun}$) - debitul corespunzător nivelului minim dintr-o lună;

b) debite caracteristice anuale:

- ***debitul mediu anual*** ($Q_{med.\ an\cdot}$) - media aritmetică a debitelor medii lunare;
- ***debitul maxim anual*** ($Q_{max.\ an\cdot}$) - cel mai mare debit maxim lunar dintr-un an;
- ***debitul minim anual*** ($Q_{min.\ an.}$) - cel mai mic debit minim lunar dintr-un an;

c) debite caracteristice multianuale:

- ***debitul maxim maximorum*** ($Q_{max.\ max.}$) sau ***maxim absolut*** - cel mai mare debit produs în perioada de observații directe;
- ***debitul minim minimorum*** ($Q_{min.\ min.}$) sau ***minim absolut*** - cel mai mic debit din perioada de observație (echivalent etiajului absolut);
- ***debitul maxim extraordinar*** ($Q_{max.\ ex.}$) - cel mai mare debit înregistrat într-o perioadă de 30 de ani consecutivi;
- ***debitul mediu multianual*** (Q_o) sau ***debitul modul*** - media aritmetică a debitelor medii anuale dintr-o perioadă de observații (cât mai lungă);
- ***debitul de etiaj*** ($Q_{et.}$) - debitul cu durata de 355 de zile dintr-un an.

15.2.2. METODE GRAFICE DE PRELUCRARE A DEBITELOR LICHIDE

În activitatea de prelucrare a debitelor se utilizează frecvent diferite reprezentări grafice, dintre care cele mai folosite sunt: hidrografele, graficele de frecvență și durată, curbele de asigurare.

➢ **Hidrografele** ilustrează variația temporală a debitelor. Pot fi construite pentru intervale de timp mai scurte sau mai lungi. Pentru perioada de un an se realizează ***hidrografele debitelor zilnice***, pe baza cărora pot fi identificate perioadele și fazele caracteristice ale scurgerii în anul considerat. Mai pot fi construite hidrografe ale debitelor medii, maxime și minime lunare.

Pentru studierea caracteristicilor scurgerii într-o perioadă mai mare de timp, se utilizează ***hidrograful debitelor medii anuale*** sau ***hidrograful mediu fictiv***. Primul permite ca, în raport cu debitul modul (debitul mediu multianual) trasat pe hidrograf să fie identificate perioade cu excedent sau cu deficit de umiditate, când debitele medii anuale se situează deasupra, respectiv sub linia debitului modul (fig. 15.6. A).

Hidrograful mediu fictiv ilustrează variația debitelor medii lunare determinate pe o lungă perioadă (minim 20–25 de ani). El oferă posibilitatea unei analize concludente asupra distribuției scurgerii medii în timpul anului (fig. 15.6. B).

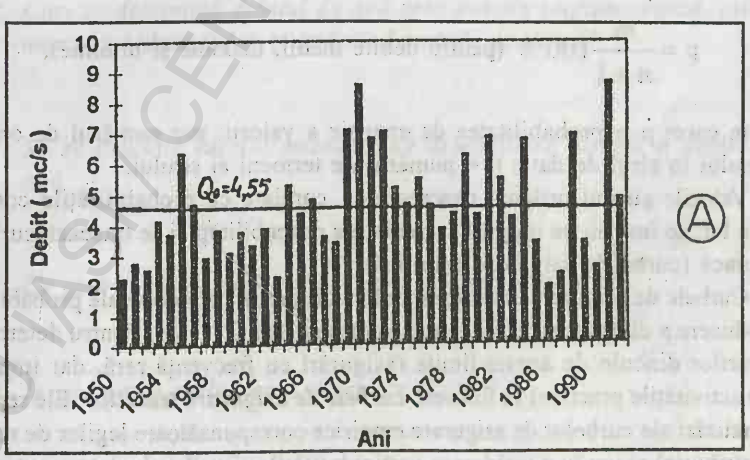


Fig. 15.6. A. *Hidrograf al debitelor medii anuale ale râului Putna, la p.h. Tulnici (1950 – 1992).*

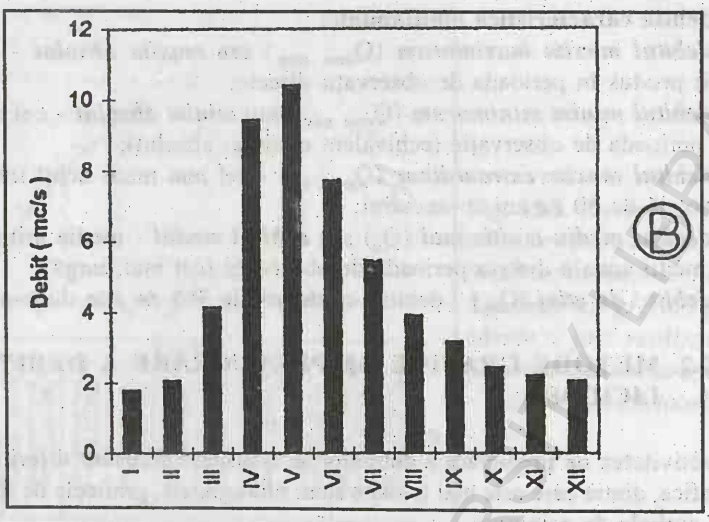


Fig. 15.6. B. *Hidrograf al debitelor medii lunare ale râului Putna, la p.h. Tulnici (1950 – 1992).*

➢ **Graficele frecvenței și duratei debitelor** evidențiază ce frecvență au avut și cât timp s-au menținut intervalele de debite stabilite pentru o perioadă dată (anuală sau multianuală).

➢ Pentru estimarea probabilităților de producere a diferitelor debite (îndeosebi maxime și minime) se utilizează **curbele de asigurare**. Acestea pot fi empirice sau teoretice.

Curbele de asigurare empirice se trasează pe baza șirurilor de date obținute prin măsurători (este recomandat ca șirul să aibă minim 20–25 de termeni). Valorile se ordonează descrescător, după care se calculează probabilitatea de producere a diverselor valori apelând la diferite formule, dintre care frecvent utilizată este:

$$p = \frac{m}{n+1}100\% \text{ (pentru debite medii, maxime și minime),}$$

în care: p = probabilitatea de apariție a valorii; m= numărul de ordine al termenului în șirul de date; n = numărul de termeni ai șirului.

Valorile șirului ordonat descrescător, corelate cu probabilitățile corespunzătoare lor, se înscriu pe un grafic special de probabilități și se trasează curba care le îmbracă (curba de asigurare empirică).

Curbele de asigurare empirice oferă valori destul de precise ale probabilităților de producere a diferitelor debite numai pentru ecartul 2 – 98%. Pentru determinarea asigurărilor dincolo de aceste limite (asigurări cu frecvență rară, dar importante pentru activitățile practice) se folosesc ***curbele de asigurare teoretice***. Ele reprezintă matematizări ale curbelor de asigurare empirice corespunzătoare legilor de repartiție (de distribuție) și iau în considerare particularitățile șirurilor de date, exprimate de valorile coeficienților de variație (C_v) și de asimetrie (C_s). Coeficientul de variație al unui șir de debite se calculează cu ajutorul relației:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n}}$$, în care:

K_i = coeficient de debit, ce exprimă raportul dintre debitul mediu anual (Q_i) şi debitul mediu multianual (Q_o): $K_i = Q_i/Q_o$;

n = numărul de termeni ai şirului considerat.

Coeficientul de asimetrie (C_s) se obţine utilizând formula:

$$C_s = \frac{\sum (K_i - 1)^3}{nC_v^3}.$$

Semnificaţia simbolurilor este aceeaşi cu cea menţionată anterior.

Pentru evitarea erorilor din calculul statistic, ce se constată îndeosebi în obţinerea lui C_s, în practica hidrologică se procedează la adoptarea valorilor lui C_s în funcţie de cele calculate ale lui C_v, astfel: $C_s = 2C_v$ pentru debite medii şi minime şi $C_s = 3 - 4C_v$ pentru debite maxime (se adoptă valoarea minimă când majoritatea debitelor din şir provin din topirea zăpezilor şi maximă, când sunt generate de ploi). În România, principalele curbe de asigurare utilizate în practica hidrologică sunt curba Kriţki-Menkel şi curba Pearson III.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se definească debitul de apă şi să se enumere principalele metode de determinare a sa.*

2. *Cum se determină debitul de apă prin metoda secţiune-viteză, utilizând morişca hidrometrică şi aplicând metoda analitică?*

3. *Să se prezinte succint metodele de determinare directă a debitului de apă.*

4. *Ce este cheia limnimetrică şi care este importanţa ei?*

5. *În ce constă prelucrarea debitelor lichide?*

6. *Să se enumere şi caracterizeze principalele tipuri de debite caracteristice.*

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

16. SCURGEREA APEI RÂURILOR

Scurgerea apei râurilor este un fenomen hidrologic complex, rezultat al interacțiunii factorilor naturali și antropici din arealul bazinului de recepție.

16.1. ALIMENTAREA RÂURILOR

Apa organismelor fluviatile provine din două surse majore de alimentare: de suprafață (superficiale) și subterane. Ponderea fiecăreia depinde de factorii fizico-geografici din bazinul hidrografic, îndeosebi cei climatici și litologici. În medie, apele superficiale participă la alimentarea râurilor cu cca. 65-70%, iar cele subterane cu 30 – 35%.

➢ **Alimentarea râurilor din surse de suprafață.** Sursele de suprafață sunt reprezentate prin apele din precipitații și cele rezultate din topirea zăpezilor și ghețarilor. Ele participă ca sursă prioritară sau secundară la alimentarea cu apă a tuturor organismelor hidrografice.

Alimentarea râurilor din ploi este caracteristică zonelor calde și temperate. În regiunile ecuatoriale și subecuatoriale râurile au o alimentare bogată asigurată de ploile abundente și cu caracter regulat. Aici este o alimentare *exclusiv pluvială*. Organismele fluviatile din aceste regiuni au debite deosebit de bogate (Congo sau Zair, Amazon, Ogooué). În regiunea tropicală predomină în alimentarea râurilor tot sursele pluviale, numai că acestea participă cu o cantitate foarte mare în sezonul ploios. În zonele temperate alimentarea râurilor din ploi este specifică anotimpului cald, în schimb, în anotimpul rece, alimentarea se face prin topirea zăpezilor. Din acest motiv, în această zonă se poate vorbi, în funcție de predominarea uneia din surse, de *alimentare pluvio-nivală* sau de o *alimentare nivo-pluvială*. De exemplu, unele râuri din regiunea temperat-oceanică (Sena, Loara, Tamisa ș.a.) au o alimentare pluvio-nivală. Râurile situate în regiunea temperat-continentală se caracterizează, cele mai multe dintre ele, printr-un regim de alimentare nivo-pluvială (Dvina de Vest, Don, Volga, Nipru etc.).

Alimentarea râurilor cu apa provenită din topirea zăpezilor se întâlnește în zonele climatice temperate și reci. Organismele hidrografice din aceste zone se pot caracteriza printr-o *alimentare nivală* sau după situație, cu o *alimentare nivo-pluvială*. Debitul marilor râuri și fluvii crește la începutul primăverii în urma topirii zăpezilor începând de la izvoare spre vărsare. Așa sunt fluviile Mackenzie, Ottawa, Lena, Enisei, Obi, Kolâma, Iana și Indighirka.

Alimentarea râurilor cu apa provenită din topirea ghețarilor și a zăpezilor permanente este specifică organismelor fluviatile din regiunile muntoase înalte de peste 3000 m, situate în zona temperată. De exemplu, afluenții alpini ai Dunării (Inn, Günz, Mindel și Würm) au debit bogat de apă în timpul verii datorită surselor de *alimentare nivo-glaciare*. Tot o alimentare predominantă din ghețari o au și marile fluvii din Asia Centrală - Amudaria și Sârdaria, precum și unele râuri care-și au obârșia în ghețarii din Munții Caucaz (Terk, Kuban etc.).

➢ **Alimentarea râurilor din surse subterane** este asigurată din apele freatice și de adâncime și asigură, după cum am mai precizat, 30-35% din debitul râurilor. Aceste procentaje sunt, de regulă, depășite în regiunile calcaroase, unde pot ajunge la 40 – 50%.

16.2. FACTORII SCURGERII RÂURILOR

În cazul complexului de factori care influenţează scurgerea apei râurilor, rolul determinant revine condiţiilor climatice. Alături de acestea acţionează, într-o măsură mai mică, celelalte componente naturale ale mediului (geologie, relief, vegetaţie, soluri), precum şi activităţile umane.

➢ **Condiţiile climatice** (reprezentate, îndeosebi, prin precipitaţii, evaporaţie şi temperatura aerului), în funcţie de caracteristicile lor, se constituie în factori favorizanţi sau limitativi ai scurgerii râurilor.

• ***Precipitaţiile*** (lichide sau solide) reprezintă principala sursă de alimentare a râurilor şi ca urmare, cunoaşterea lor are o importanţă hidrologică deosebită. Determinări asupra precipitaţiilor se efectuează prin intermediul observaţiilor şi măsurătorilor la staţii meteorologice, posturi pluviometrice, precum şi la unele staţii hidrometrice. În acest scop se utilizează pluviometre şi pluviografe. Pe baza cantităţilor de apă astfel măsurate, se obţin diferiţi indici pluviometrici, folosiţi în studiile hidrologice: ***precipitaţii zilnice, lunare, anuale, multianuale, precipitaţii maxime în 24 de ore.*** Deosebit de importante prin efectele lor asupra scurgerii sunt ***ploile torenţiale***. O caracteristică a lor, utilizată în calculele hidrologice este intensitatea (I), determinată ca raport între cantitatea precipitaţiilor (x) şi durata lor (t): $i = x/t$ [mm/min.]. Mai interesează, de asemenea, cantităţile de apă căzute în timpul acestor ploi, durata şi frecvenţa lor.

• ***Evaporaţia*** reprezintă un element climatic cu rol restrictiv asupra scurgerii, întrucât determină reducerea debitelor. Pe spaţiul unui bazin hidrografic au loc mai multe categorii de evaporare: la suprafaţa apei, a solului, a zăpezii, a gheţii, a vegetaţiei. Ansamblul acestora alcătuieşte ***evapotranspiraţia totală***. Ponderea fiecărei componente este variabilă în timp şi spaţiu.

Metodologia determinării evapotranspiraţiei este complexă. Ea se bazează pe măsurători directe şi pe utilizarea de formule de calcul. Măsurătorile se realizează la suprafaţa apei şi zăpezii (cu ajutorul plutelor evaporimetrice şi al evaporimetrelor de zăpadă) sau la suprafaţa solului, acoperit sau cu formaţiuni vegetale (utilizându-se lizimetre). La nivelul unui bazin hidrografic se poate determina evapotranspiraţia medie multianuală (Z_o) prin metoda bilanţului, ca diferenţă între valorile medii multianuale ale precipitaţiilor (X_o) şi ale scurgerii (Y_o), toate exprimate în mm: $Z_o = X_o - Y_o$.

În lipsa datelor privind scurgerile, pot fi utilizate diferite formule (pentru informaţii suplimentare a se consulta I. Pişota, L. Zaharia, 2001; I. Vladimirescu, 1984).

• ***Temperatura aerului*** influenţează scurgerea râurilor în mod indirect, prin rolul său în procesul evapotranspiraţiei şi în producerea fenomenelor de îngheţ la nivelul solului şi al apei. Valorile sale, determinate prin măsurători la staţiile meteorologice şi hidrologice, sunt utilizate în analize hidrologice.

➢ **Condiţiile geologice**, prin compoziţia petrografică, înclinarea stratelor, tectonică, grad de fisurare, influenţează scurgerea apelor din precipitaţii pe versanţi, distribuţia şi circulaţia apelor subterane şi prin aceasta, alimentarea râurilor.

➢ **Relieful** acţionează asupra scurgerii râurilor atât în mod direct, cât şi indirect. Influenţa directă este datorată morfologiei, gradului de fragmentare şi pantelor, care în regiunile montane favorizează concentrarea şi deplasarea rapidă a apelor. Importantă este, de asemenea, şi expoziţia versanţilor faţă de circulaţia maselor de aer cu umiditate bogată. Astfel, bazinele dezvoltate pe versanţii vestici au o scurgere mai bogată decât cele suprapuse versanţilor cu alte orientări.

Prin altitudinea sa, relieful determină zonalitatea verticală a condiţiilor climatice, edafice şi de vegetaţie influenţând astfel, indirect, scurgerea râurilor.

➢ **Învelişul edafic**, prin caracteristicile pe care le prezintă (structură, textură, temperatură, grad de saturaţie în apă etc.), acţionează asupra proceselor de infiltraţie, evapotranspiraţie, scurgere superficială. De exemplu, solurile nisipoase favorizează infiltraţia, în timp ce cele argiloase, saturate în apă, generează o scurgere activă.

➢ **Vegetaţia** are o importanţă hidrologică deosebită. Prezenţa ei imprimă scurgerii apei o mai mare uniformitate în timp, evidenţiată de atenuarea scurgerii maxime şi de sporirea celei minime (prin influenţa pe care o exercită asupra surselor de alimentare). Remarcabilă prin rolul său în circuitul hidric este pădurea. Experimentele au demonstrat că dintr-o cantitate de 100 m^3 de apă provenită din precipitaţii, scurgerea superficială este de numai 15% în pădure, faţă de 80-90% pe teren deschis.

➢ **Factorul uman**, prin activităţile pe care le desfăşoară, contribuie direct sau indirect la influenţarea procesului de scurgere a râurilor. Dintre acţiunile cu efecte directe, se remarcă: realizarea de baraje şi lacuri de acumulare (cu diferite funcţionalităţi), irigarea terenurilor, amenajări piscicole, desecări, derivaţii, dragarea şenalelor de navigaţie, exploatarea de materiale de construcţie din albiile râurilor etc. Cea mai importantă acţiune cu consecinţe indirecte negative asupra scurgerii o reprezintă defrişarea terenurilor, care a condus la accelerarea scurgerii şi favorizarea producerii viiturilor, asociate cu o eroziune intensă. Un efect invers îl au împăduririle şi amenajările torenţilor. Tot cu influenţe negative, mai menţionăm lucrările agrotehnice necorespunzătoare (arături de-a lungul pantelor), păşunatul excesiv ş.a.

Activităţile antropice au determinat modificări ale ***regimului natural*** de scurgere a râurilor şi apariţia ***regimului amenajat***, cu diferenţe mai mari sau mai mici faţă de cel natural

Gradul de influenţare a scurgerii naturale a unui râu se obţine prin compararea valorii măsurate ($Q_{măs}$) cu cea a valorii naturale (Q_{nat}). În acest scop se foloseşte coeficientul:

$$K_{\%} = (Q_{măs}/Q_{nat}) \cdot 100\%.$$

Deşi, în multe situaţii, datele obţinute prin măsurători la staţiile hidrometrice nu mai reflectă caracteristicile scurgerii naturale, cunoaşterea acesteia este însă necesară în continuare, atât pentru evaluarea corectă a resurselor de apă în scopul valorificării lor, cât şi pentru protejarea şi dezvoltarea acestor resurse. Ansamblul de operaţii prin care pornind de la datele determinate prin măsurători în regim amenajat se calculează scurgerea care ar fi existat în lipsa influenţelor modificatoare, poartă denumirea de **reconstituirea scurgerii naturale**. Expresia generală, sintetică a acestei operaţiuni este de forma:

$$Q_{nat} = Q_{măs} \pm \Delta Q,$$

în care: Q_{nat} = debitul natural care s-ar fi scurs în lipsa influenţelor modificatoare; $Q_{măs}$ = debitul măsurat, influenţat de folosinţe; ΔQ = corecţia de debit sau debitul de reconstituire.

16.3. MODALITĂŢI DE EXPRIMARE A SCURGERII APEI RÂURILOR

Scurgerea apei unui râu se exprimă cantitativ cu ajutorul mai multor mărimi hidrologice. Dintre acestea, cea mai utilizată este **debitul de apă (Q)** care reprezintă, după cum am mai precizat, cantitatea de apă care se scurge prin secţiunea activă a unui râu în unitatea de timp, având ca unităţi de măsură m^3/s sau l/s.

Cantitatea de apă transportată de râuri într-o perioadă de timp se exprimă frecvent sub forma **volumului (W)**, în m^3, determinat cu ajutorul relației:

$$W_{[m^3]} = Q_{[m^3/s]} \cdot T_{[s]},$$

în care: Q = debitul de apă în intervalul de timp considerat; T = timpul considerat.

Pentru calcularea volumului de apă mediu anual (W_{an}) al unui râu într-o secțiune, se înmulțește debitul mediu din anul respectiv (Q_{an}) cu $31,56 \cdot 10^6$ (numărul mediu de secunde dintr-un an):

$$W_{an[m^3]} = Q_{an[m^3/s]} \cdot 31,56 \cdot 10^6 s.$$

Compararea resurselor de apă ale râurilor este posibilă numai dacă scurgerea se exprimă sub forma debitului lichid specific sau a stratului scurs.

Debitul lichid specific (q) reprezintă cantitatea de apă care se scurge în unitatea de timp pe o unitate de suprafață. Are ca unitate de măsură $l/s.km^2$. Valoarea sa se calculează pe baza cunoașterii debitului lichid (Q) într-o secțiune a unui râu și a suprafeței bazinului (F) aferentă secțiunii, cu ajutorul relației:

$$q_{[l/s.km^2]} = 1000 \frac{Q_{an[m^3/s]}}{F_{[km^2]}}.$$

Stratul de apă scurs (h) este echivalentul grosimii stratului de apă uniform distribuit pe suprafața bazinului, într-un timp considerat. Se exprimă în mm și se obține raportând volumul de apă (W) tranzitat printr-o secțiune, la suprafața bazinului corespunzătoare secțiunii (F):

$$h_{[mm]} = \frac{W_{[m^3]}}{1000 \cdot F_{[km^2]}}.$$

În analiza scurgerii pe un teritoriu se utilizează adesea **coeficientul de scurgere (η)**, care indică raportul dintre cantitatea de apă scursă (Y) într-o anumită perioadă de timp și cea a precipitațiilor (X) căzute pe suprafața F și care au determinat scurgerea respectivă (precipitațiile sau scurgerea se pot exprima sub formă de strat sau de volum):

$$\eta = \frac{Y_{[mm]}}{X_{[mm]}} = \frac{1000 \cdot Q_{[m^3/s]} \cdot T_{[s]}}{10^6 \cdot F_{[km^2]} \cdot X_{[mm]}}.$$

Bogăția scurgerii poate fi exprimată și sub o formă relativă (raportată la un debit de referință) cum este **coeficientul modul sau de debit (K)**. Acesta se obține împărțind valoarea debitului (instantaneu, mediu zilnic, mediu lunar, mediu anual etc – Q_i) la debitul mediu multianual (determinat pe o perioadă cât mai lungă – Q_o):

$$K = Q_i/Q_o.$$

Coeficienții moduli sunt utilizați într-o serie de calcule hidrologice și în analiza variației temporale a scurgerii.

16.4. PRINCIPALELE TIPURI DE SCURGERE

În studiile hidrologice sunt considerate şi analizate caracteristicile a trei tipuri de scurgere şi anume medie, maximă şi minimă.

16.4.1. SCURGEREA MEDIE

Scurgerea medie reprezintă indicele cel mai sintetic al resurselor de apă ale unui râu, utilizat frecvent în lucrările de sinteză hidrologică. Ea se determină pe baza măsurării debitelor lichide, prin medierea aritmetică a valorilor lor zilnice, lunare, anuale, pe o perioadă cât mai îndelungată (de regulă, cel puţin 20 de ani).

Scurgerea medie poate fi exprimată sub forma debitelor lichide ($Q_{med.}$, în m^3/s), a volumului scurs ($W_{med.}$, în m^3) iar pentru efectuarea de comparaţii se utilizează debite specifice ($q_{med.}$, în $l/s.km^2$) sau stratul scurs ($h_{med.}$, în mm), determinate cum s-a precizat anterior.

Scurgerea medie prezintă importante variaţii spaţiale şi temporale.

➢ **Variaţiile spaţiale** sunt determinate de ansamblul factorilor ce intervin în formarea sa, îndeosebi de zonalitatea altitudinală a condiţiilor fizico-geografice. Variabilitatea spaţială a scurgerii medii (exprimată sub forma debitului specific mediu multianual – q_o) poate fi evidenţiată şi analizată pe baza corelării ei cu diferiţi parametri caracteristici ai bazinelor şi reţelei hidrografice (altitudinea medie a bazinului – $H_{med.}$; suprafaţa bazinului – F; lungimea râului – L). Cele mai utilizate corelaţii sunt: $q_o = f(H_{med.})$ (fig. 10.2); $q_o = f(F)$; $q_o = f(L)$.

Pe teritoriul României, valorile scurgerii medii oscilează între 1 - 2 şi mai puţin de 1 $l/s.km^2$ (sub 25 mm anual) în sudul şi estul Câmpiei Române şi în Dobrogea şi peste 30 – 40 $l/s.km^2$ (cca. 1000 mm anual) pe crestele cele mai înalte ale Carpaţilor.

➢ **Variaţia temporală a scurgerii medii** este generată, în principal, de neuniformitatea şi caracteristicile condiţiilor climatice care acţionează asupra surselor de alimentare. Analiza variaţiei temporale se realizează, de regulă, la scară anuală sau multianuală.

• ***Variaţia scurgerii în timpul anului*** este direct dependentă de regimul pluviometric. În zonele ecuatoriale, precipitaţiile bogate şi relativ uniforme în timp determină debite bogate pe tot parcursul anului, cu diferenţe, în general, reduse de la o lună la alta. În regiunile tropicale, râurile prezintă variaţii accentuate ale debitelor de la sezonul umed la cel cald. Multe dintre ele îşi pierd total apa în anotimpul secetos.

În zona temperată, oscilaţiile scurgerii medii în timpul anului sunt determinate de condiţiile pluviometrice şi termice ale celor patru anotimpuri, iar sistemele fluviatile din regiunile reci se caracterizează prin debite bogate în sezonul de vară şi extrem de scăzute în cel de iarnă, când scurgerea poate înceta datorită îngheţului complet al apei. Pe teritoriul României, râurile tranzitează cel mai bogat volum de apă primăvara (cca. 40%), iar cel mai redus toamna (14,3%). Vara, ponderea scurgerii medii este de aproape 27%, în timp ce iarna scade sub 20%.

Studierea variaţiei temporale a scurgerii medii a apei unui râu se poate realiza pe baza construirii ***hidrografelor debitelor medii lunare***. Pentru a ilustra diferenţierile teritoriale impuse de altitudine, se construiesc ***grafice de corelaţie între altitudinea medie a bazinului şi ponderile scurgerii medii lunare şi anotimpuale.***

O analiză mai detaliată a acestui tip de variaţie temporală ia în considerare o serie de ***coeficienţi cum sunt cei moduli zilnici*** (pentru informaţii suplimentare a se vedea I. Pişota, L. Zaharia, 2001, 2002):

• ***Variația scurgerii de la un an la altul*** este reflexul modificărilor condițiilor climatice la scară interanuală. Oscilația interanuală a scurgerii medii se evidențiază prin mai multe modalități, grafice și numerice.

Principalele grafice utilizate în acest scop sunt ***hidrografele debitelor medii anuale*** și ***graficele cronologice ale coeficienților modului anuali.***

O caracterizare mai riguroasă a variației interanuale a scurgerii se realizează cu ajutorul ***coeficienților moduli (coeficientul modul maxim - K_{max}; coeficientul modul minim -K_{min}; raportul dintre K_{max} și K_{min})*** și a ***coeficientului de variație a scurgerii medii anuale (C_v)*** (pentru informații suplimentare a se vedea I. Pișota, L. Zaharia, 2001, 2002).

16.4.2. SCURGEREA MAXIMĂ

Scurgerea maximă este consecința alimentării bogate rezultate din topirea zăpezilor și din precipitațiile abundente. Alături de factorii climatici, o influență mai mare sau mai mică la formarea scurgerii maxime o au: suprafața și forma bazinului de recepție, gradul de umezire, temperatura și permeabilitatea solului, vegetația, prezența unităților lacustre, unele activități antropice (despăduriri, amenajări hidrotehnice etc.).

Cunoașterea scurgerii maxime prezintă un interes practic major, întrucât de caracteristicile sale trebuie să se țină seama la proiectarea, execuția și exploatarea construcțiilor hidrotehnice, la gospodărirea judicioasă a apelor, la stabilirea arealelor cu vulnerabilitate pentru inundații și apărarea acestora.

Cele mai reprezentative elemente utilizate în studierea scurgerii maxime a unui organism fluviatil sunt **debitele maxime** (Q_{max}), pe baza cărora se calculează **volumele maxime** (W_{max}), **straturile maxime** (h_{max}), precum și **scurgerea specifică maximă** (q_{max}). Un aspect important al scurgerii maxime îl constituie **viiturile**, care vor fi studiate separat, ca fenomene hidrologice de extreme.

Pentru necesități practice cu ajutorul curbelor de asigurare empirice și teoretice se determină debite, volume maxime și straturi cu diferite probabilități de depășire (frecvent de 0,1%, 0,5%, 1%, 2%, 5% și 10%) și pentru diferite intervale de timp (2, 5, 10, 20, 30 și 60 de zile).

16.4.3. SCURGEREA MINIMĂ

Scurgerea minimă reprezintă, alături de cea maximă, o caracteristică importantă a regimului hidrologic. Ea prezintă implicații practice majore, deoarece oferă măsura utilizării apelor râurilor în condiții naturale.

Studiul particularităților scurgerii minime se bazează pe prelucrarea **debitelor minime** (Q_{min}) determinate prin măsurători la stațiile hidrometrice, pentru diferite scări temporale (lunare, anuale, multianuale). Legate de scurgerea minimă sunt și fenomenele de **etiaj** și de **secare** ce vor fi analizate ca fenomene hidrologice extreme.

Pentru proiectarea și exploatarea folosințelor de apă este necesară cunoașterea gradului de asigurare a debitelor minime pentru diferite perioade ale anului (în perioada de vegetație, anual) și diferite durate. De exemplu, pentru alimentarea cu apă a obiectivelor industriale și a așezărilor umane se calculează debite minime cu asigurări de 95 – 97% pentru durata întregului an. În scopul utilizării apei pentru irigații, asigurările de calcul ale scurgerii minime sunt cuprinse între 75% și 90%, pentru debitele minime din perioada de vegetație (aprilie – noiembrie) (C. Diaconu,

P. Şerban, 1994). Atunci când se efectuează deversări de ape uzate în râuri este neapărat necesar să se ţină seama de **debitul de diluţie**, care este echivalentul debitului mediu lunar minim anual cu asigurarea de 95%. Cunoaşterea sa este obligatorie în activitatea de epurare a apelor şi de canalizare.

Scurgerea minimă, în funcţie de necesităţi, poate fi exprimată sub formă de debit **specific minim** (q_{min}), **volum minim** (W_{min}) sau **strat minim** (h_{min}).

16.5. FENOMENE HIDROLOGICE EXTREME

Scurgerea apei unui râu fluctuează între două momente extreme: viituri şi secări.

16.5.1. VIITURILE

Viiturile reprezintă momente de vârf în evoluţia scurgerii apei unui râu. Ele se caracterizează prin creşteri spectaculoase extraordinare, deosebit de rapide (de ordinul orelor) ale nivelului apei şi implicit a debitului, până la atingerea unui maxim, după care urmează scăderea, de asemenea rapidă, a apelor (dar într-un ritm ceva mai lent decât creşterea) care revin la parametri normali de scurgere.

Geneza viiturilor este legată, în primul rând, de condiţiile climatice. Ele se produc ca urmare a unor ploi torenţiale cu intensităţi şi strate de ape mari (viituri pluviale), a topirii rapide a zăpezii (viituri nivale) sau din cauze mixte (viituri pluvio-nivale). În funcţie de distribuţia în timp a precipitaţiilor, viiturile sunt simple sau singulare (caracterizate printr-un singur vârf) şi complexe sau compuse (cu mai multe vârfuri). În perioadele de îngheţ, scurgerile de sloiuri pot provoca baraje naturale (zăpoare) care blochează scurgerea, generând creşteri de nivel în spatele acestora sau scurgeri puternice în momentul ruperii.

Producerea viiturilor şi caracteristicile lor mai sunt influenţate de un ansamblu de factori, precum: permeabilitatea, gradul de umiditate şi temperatura solului, vegetaţia, pantele albiilor şi ale versanţilor, forma şi suprafaţa bazinelor de recepţie, caracteristicile albiilor ş.a. Prin defrişarea pădurilor şi lucrarea necorespunzătoare a terenurilor în pantă, omul contribuie indirect la favorizarea acestor fenomene hidrologice. Uneori, viituri puternice se produc ca urmare a distrugerii barajelor lacurilor de acumulare.

Elementele caracteristice ale undelor de viitură. O viitură este definită de următorii parametri principali: debitul de apă, debitul maxim sau de vârf, durata (timpul) de creştere, durata (timpul) de descreştere, volum (fără cel de bază datorat alimentării subterane), strat de apă scurs, coeficient de formă. Aceste elemente se determină pe hidrografele viiturilor singulare (fig. 16.1.).

- ***Debitul de bază*** (Q_b) este debitul rulat în condiţii normale de scurgere a apelor, care se înregistrează înainte şi după producerea viiturii. Valoric, el este, în general, dublu debitului mediu multianual.
- ***Debitul de vârf*** (Q_{max}) este debitul maxim pe care îl ating apele în timpul viiturii.
- ***Timpul de creştere*** (T_c) reprezintă durata (în ore) dintre momentul începerii viiturii şi cel al înregistrării debitului de vârf.
- ***Timpul de descreştere*** (T_d) exprimă durata de retragere a apelor, între momentele producerii debitului maxim şi cel al revenirii la debitul de bază. El este, de regulă, mai mare decât timpul de creştere.

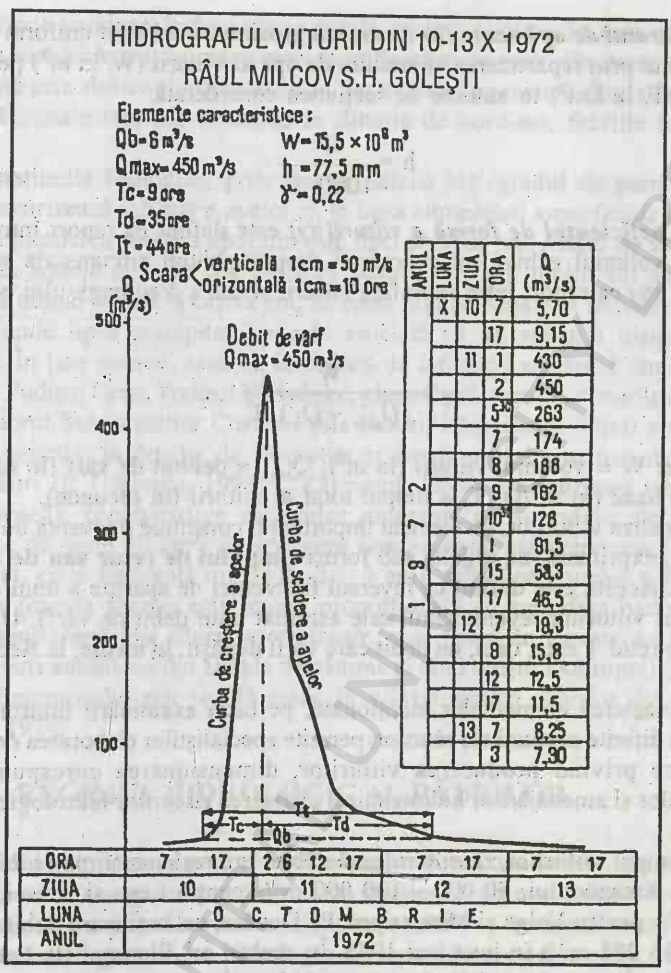


Fig. 16.1. *Hidrograful viiturii din 10 – 13 X 1972 pe râul Milcov la s.h. Goleşti.*

- ***Timpul total al viiturii*** (T_t) sau durata viiturii reprezintă numărul de ore în care debitul de apă a fost mai mare decât debitul de bază. Se determină prin însumarea timpilor parţiali de creştere (T_c) şi de descreştere (T_d): $T_t = T_c + T_d$.
- ***Volumul viiturii*** (W) exprimă cantitatea de apă rulată în timpul viiturii (în m^3). El poate fi determinat pe baza hidrografului, înmulţind suprafaţa planimetrată a viiturii (cuprinsă între linia debitului de bază şi curbele de creştere şi descreştere a viiturii) cu produsul scărilor de reprezentare. În situaţia în care se cunosc debitul maxim şi unele elemente ale undei medii de viitură, volumul se calculează cu ajutorul relaţiei:

$$W = Q_{max} \cdot T_t \cdot \gamma \cdot 3600,$$

unde: W = volumul maxim al viiturii (în m^3); Q_{max} = debitul de vârf (în m^3/s); T_t = timpul total (în ore); γ = coeficientul de formă a viiturii.

• ***Stratul de apă scurs (h)*** ilustrează grosimea unui strat uniform de apă (în mm), obținut prin repartizarea volumului de apă al viiturii (W, în m^3) pe suprafața bazinului (F, în km^2) în amonte de secțiunea considerată:

$$h = \frac{W}{1000 \cdot F} .$$

• ***Coeficientul de formă a viiturii (γ)*** este definit ca raport între volumul viiturii și volumul echivalent suprafeței dreptunghiului circumscris viiturii (pe hidrograf) sau ca raport între suprafața viiturii și cea a dreptunghiului circumscris ei:

$$\gamma = \frac{W}{(Q_{max} - Q_b) \cdot T_t} ,$$

unde: W = volumul viiturii (în m^3); Q_{max} = debitul de vârf (în m^3/s); Q_b = debitul de bază (în m^3/s), T_t = timpul total al viiturii (în secunde).

În analiza viiturilor, un element important îl constituie frecvența de producere a acestora, exprimată, de regulă, sub forma **timpului de retur sau de revenire - T** (în ani). Acesta este definit ca inversul frecvenței de apariție a unui eveniment X (în cazul viiturilor, evenimentul este asimilat unui debit de vârf). Un debit cu un timp de retur T este, deci, un debit care va fi depășit, în medie, la fiecare număr T de ani.

Cunoașterea elementelor menționate, pe baza examinării tuturor viiturilor produse în diferite secțiuni ale râurilor, permite specialiștilor elaborarea de prognoze hidrologice privind producerea viiturilor, dimensionarea corespunzătoare a construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice, evaluarea riscurilor hidrologice generate de viituri.

În timpul viiturilor, râurile rulează debite impresionante: peste 200 000 m^3/s în cazul Amazonului, 80 000 – 100 000 m^3/s pentru Lena și Enisei, 60 000 – 70 000 m^3/s pentru Volga și Mississippi. Pe Dunăre, cel mai mare debit înregistrat a fost de 16 285 m^3/s în luna mai 1975. În același an, Someșul (la Satu Mare) a atins 3342 m^3/s, iar Siretul (la Lungoci), 3186 m^3/s.

16.5.2. ETIAJUL ȘI SECAREA RÂURILOR

Etiajul (termen de origine franceză) desemnează faza de regim hidrologic cu scurgerea cea mai redusă din timpul anului, caracterizată prin cele mai reduse debite și niveluri. Fenomenul de etiaj este exprimat, de regulă, sub forma **debitelor de etiaj**. Acestea pot fi de mai multe tipuri: ***debit anual de etiaj***, ce corespunde celui mai mic debit zilnic observat în cursul unui an; ***debit absolut de etiaj***, echivalent debitului *minim minimorum*, adică debitului cel mai redus dintr-o perioadă lungă de observații (minim 20 de ani); ***debit caracteristic de etiaj***, care desemnează debitul zilnic care într-un an este depășit (are durata de) 355 de zile, în celelalte 10 zile valorile debitelor putând fi mai mici.

Secarea râurilor este consecința, în principal, a două categorii de factori: climatici și litologici. În prima categorie, un rol primordial îl dețin secetele meteorologice, care determină, pe de o parte, dispariția alimentării pluviale, iar pe de altă parte, reducerea până la epuizare a rezervelor de apă subterană pe care le interceptează râurile. În perioada de iarnă, temperaturile extrem de reduse și

persistente pot conduce la înghețarea totală a apei, situație în care se produce *secarea de iarnă*. Acest fenomen este specific râurilor mici din zona temperată, caracterizate prin debite și viteze reduse, dar și unor organisme fluviatile mari, ce traversează zonele reci (de exemplu în Siberia de nord-est, fluviile Indighirka, Iana ș.a.).

Formațiunile litologice, prin caracteristicile lor (gradul de permeabilitate, fisurație) favorizează infiltrația apelor și, în lipsa alimentării superficiale suficiente, se produce pierderea totală a apei din râu, deci secarea lui. Astfel de situații sunt frecvente în zonele carstice (de pildă în sudul Dobrogei multe văi au scurgere superficială numai o dată la câțiva ani, în urma ploilor bogate și intense) și în cele deșertice (unde lipsa precipitațiilor este asociată cu un substrat nisipos, foarte permeabil). În țara noastră, secarea favorizată de infiltrații afectează unele râuri ce traversează Podișul Getic, Podișul Bârladului, glacisul subcarpatic, conurile aluvionare de la exteriorul Subcarpaților Curburii (ale Putnei, Râmnicului Sărat) etc.

În România, în funcție de frecvența și durata secării, au fost distinse trei tipuri de râuri (P. Gâștescu, 1998; I. Zăvoianu, 1999): ***cu scurgere permanentă*** (care nu seacă), caracteristice regiunilor montane, cu suprafețe ale bazinelor hidrografice de peste 20 km^2; ***cu scurgere semipermanentă*** (care seacă numai în anii secetoși, cu o frecvență medie de 2 – 3 ani), specifice zonelor subcarpatice și de podiș (durata secetei este invers proporțională cu suprafața bazinului); ***cu scurgere temporară*** **sau** ***râuri intermitente***, care seacă în fiecare an pe durate variabile (râuri autohtone din zonele de câmpie și din Podișul Dobrogei). Repartiția spațială a fenomenului este redată grafic în *Atlasul secării râurilor din România*, realizat în 1974.

16.6. REGIMUL HIDROLOGIC AL RÂURILOR

Regimul hidrologic al unui râu evidențiază succesiunea fazelor sau perioadelor caracteristice ale scurgerii apei într-un an (perioade cu ape mici, cu ape mari, viituri, etiaje și secări). La râurile din țara noastră se remarcă patru perioade caracteristice ale regimului lor hidrologic corespunzătoare celor patru anotimpuri.

➢ **Perioada de iarnă**, ca urmare a condițiilor climatice specifice (temperaturi scăzute, precipitații predominant sub formă solidă), pe râuri se instalează un regim cu niveluri minime care formează de fapt ***perioada apelor mici de iarnă***. Uneori, datorită unui proces de încălzire timpurie asociat cu ploi bogate de iarnă (frecvent îndeosebi în regiunea de vest și sud-vest a țării), pot să se producă ***viituri de iarnă***.

➢ **Perioada de primăvară**, se caracterizează prin ***ape mari***, pe fondul cărora au loc adesea ***viituri***. Acest lucru este consecința alimentării bogate a râurilor atât din apa precipitațiile bogate din acest anotimp, cât și din cea rezultată din topirea zăpezilor.

➢ **Perioada de vară**, în prima sa parte (iunie), se caracterizează prin precipitații bogate, care generează pe râuri ***ape mari*** și chiar ***viituri***. Începând din iulie, precipitațiile sunt foarte reduse cantitativ, iar evapotranspirația este destul de intensă. Ca urmare, în regimul hidrologic al râurilor apar ***apele mici de vară***. În verile mai secetoase și în condiții litologice favorabile se produce ***secarea*** râurilor. În urma ploilor torențiale de vară pot să se producă ***viituri de vară***.

➢ ***Perioada de toamnă*** se caracterizează prin ***ape mici*** și chiar ***secări*** în prima parte și ***ape mari*** în cea de-a doua parte, când pe fondul precipitațiilor bogate pot avea loc ***viituri***.

În țara noastră, în ultimele decenii s-au elaborat mai multe tipizări ale regimului hidrologic al râurilor. Conform clasificării realizate de I. Pișota, pot fi distinse patru tipuri de regim hidrologic: pontic și panonic; moldavo-valah; transilvan, carpatic (pentru detalii, a se vedea I. Pișota, L. Zaharia, 2001, 2002).

16.7. BILANȚUL HIDROLOGIC AL RÂURILOR

Bilanțul hidrologic al unui bazin de recepție exprimă relația dintre cantitățile de apă intrate și cele ieșite de pe suprafața sa. Într-o anumită perioadă de timp, pe teritoriul unui bazin pot pătrunde cantități de apă din următoarele surse: precipitații (X), aport subteran din teritoriile vecine (U_a), condensarea vaporilor din atmosferă la suprafața scoarței (C). În aceeași perioadă, din cuprinsul bazinului se pot pierde cantități de apă prin: scurgere superficială (Y), scurgere subterană (U_p), evaporație globală (Z).

Notându-se cu A aporturile și cu P pierderile de apă de la nivelul unui bazin hidrografic, între cei doi parametri poate exista relația:

$$A = P \pm \Delta u,$$

în care Δu este rezerva de apă a bazinului.

În funcție de mărimea pierderilor sau aporturilor, rezerva de apă a bazinului poate fi pozitivă (când cantitatea de apă intrată este mai mare decât cea ieșită) sau negativă (când se pierd cantități de apă superioare celor intrate).

Înlocuindu-se în relația precedentă simbolurile aporturilor și pierderilor prin componentele lor, rezultă:

$$X + U_a + C = Y + U_p + Z \pm \Delta u.$$

Această expresie reprezintă **ecuația generală a bilanțului apei într-un bazin hidrografic**, pentru o anumită perioadă de timp. Ecuația poate fi însă modificată și simplificată în funcție de scopul urmărit și de datele de care se dispune. Astfel, deoarece, în general, pierderile și aporturile subterane sunt relativ mici (cu excepția regiunilor calcaroase), la bazine hidrografice extinse cele două componente pot fi neglijate, iar ecuația bilanțului hidric capătă forma:

$$X = Y + (Z - C) \pm \Delta u.$$

Întrucât cantitățile de apă provenite din condensarea vaporilor sunt greu de determinat și au valori destul de reduse (comparativ cu celelalte elemente) și acest termen poate fi eliminat, ecuația simplificându-se și mai mult:

$$X = Y + Z \pm \Delta u.$$

Pentru un interval de timp îndelungat, la scara unui bazin hidrografic, creșterile și scăderile rezervelor de apă se compensează, variația lor tinzând către zero. Astfel, ecuația bilanțului hidric pentru teritoriul unui bazin de recepție și o perioadă lungă de timp, capătă forma:

$$X = Y + Z$$

Această relație este frecvent utilizată în studiile hidrologice, cei trei termeni fiind exprimați în milimetri. Ea servește la calcularea indirectă a evaporației globale - Z (evapotranspirație + evaporația de la suprafața apei), pe baza valorilor măsurate ale precipitațiilor (X) și scurgerii (Y): Z = X - Y.

De obicei, termenul Y din ecuaţia bilanţului (X = Y + Z) este considerat ca fiind scurgerea globală, care include atât scurgerea superficială (S), cât şi pe cea subterană (U): Y = S + U (toate mărimile fiind exprimate în mm).

M.I. Lvovici (citat de I. Pişota, I. Buta, 1983) propune pentru analiza bilanţului hidrologic următoarea ecuaţie:

$$X = S + W = S + (U + Z),$$

în care W reprezintă umezirea totală a solului, datorată cantităţilor de apă ce nu reuşesc să se scurgă pe cale superficială spre reţeaua hidrografică, ci se infiltrează (alcătuind scurgerea subterană - U) sau se pierd prin evapotranspiraţie (Z).

Valorile elementelor bilanţului hidric la nivelul global au fost prezentate în capitolul 1.5.2. Pe teritoriul României ele prezintă o evidentă zonalitate altitudinală (fiind influenţate de condiţiile fizico-geografice specifice unităţilor majore de relief), aşa cum rezultă din analiza tab. nr. 16.1.

Tabelul nr.16.1

Valorile componentelor bilanţului hidric (în mm) pe teritoriul României (1950-1969) (după *Geografia României*, 1983)

Parametrul hidric / Unitatea teritorială	X	Y	S	U	Z	W
Regiunea carpatică	807	327	222	105	480	585
Regiunea pericarpatică	589	69	48	21	520	541
România	661	153	102	51	508	559

X = precipitaţiile medii; Y = scurgerea medie globală; S = scurgerea medie de suprafaţă; U = scurgerea medie subterană; Z = evapotranspiraţia medie; W = umectarea globală (medie) a terenului.

Structura naturală a bilanţului hidric al unui bazin hidrografic sau regiuni, poate suferi în timp modificări ca urmare a activităţilor antropice: lucrări hidroameliorative (irigaţii, desecări), despăduriri, împăduriri, realizarea de acumulări lacustre ş.a.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care sunt principalele surse şi tipuri de alimentare a râurilor?*
2. *Să se enumere şi să se caracterizeze principalii factori ai scurgerii lichide.*
3. *Care sunt modalităţile de exprimare a scurgerii lichide?*
4. *Scurgerea medie şi modalităţi de analiză a variaţiilor sale spaţiale şi temporale.*

5. *Scurgerea maximă şi scurgerea minimă. Modalităţi de exprimare şi importanţa cunoaşterii lor.*

6. *Care sunt fenomenele hidrologice extreme şi prin ce se caracterizează ele?*

7. *Ce se înţelege prin regim hidrologic şi care sunt fazele sale caracteristice în România?*

8. *Ce exprimă bilanţul hidrologic al râurilor şi care sunt expresiile sale?*

---

17. SCURGEREA DE ALUVIUNI (SCURGEREA SOLIDĂ)

Râurile transportă o dată cu masa de apă cantităţi importante de materiale solide de diferite forme şi dimensiuni. În funcţie de modalitatea de deplasare, care, la rândul ei, depinde, în principal, de greutatea specifică a particulelor solide şi de viteza apei, se diferenţiază:

- **aluviuni în suspensie (R),** cu greutatea specifică mai mică decât a apei, care plutesc în masa acesteia;
- **aluviuni de fund (G),** deplasate prin târâre (când au greutatea specifică aproximativ egală cu a apei) sau prin rostogolire (când sunt mai grele decât apa);
- **substanţe dizolvate (D),** transportate în disoluţie.

Totalitatea materialelor solide transportate de râuri sub diverse forme alcătuiesc **scurgerea solidă**, care se exprimă cu ajutorul **debitului de aluviuni** sau **solid,** notat cu simbolul S şi având ca unităţi de măsură: g/s, kg/s sau t/an. Într-o accepţiune mai largă, debitul solid poate fi definit drept cantitatea de aluviuni (în suspensie, târâte şi substanţe dizolvate) ce trec prin secţiunea activă a unui râu în unitatea de timp:

$$S = R + G + D.$$

Frecvent însă, debitul solid este considerat doar cel ce include aluviunile în suspensie (R) şi cele târâte (G): S = R + G. Substanţele dizolvate sunt analizate separat, ele constituind mineralizarea râului.

Cunoaşterea caracteristicilor debitului solid este necesară în activitatea de gospodărire şi amenajare a organismelor fluviatile, întrucât în funcţie de cantităţile de aluviuni transportate de râuri se stabilesc dimensiunile şi regimul de exploatare ale bazinelor de retenţie, desnisipatoarelor, canalelor, prizelor de apă etc.

17.1. FORMAREA ALUVIUNILOR ŞI FACTORII CARE O INFLUENŢEAZĂ

Materialele transportate de către râuri sunt rezultatul acţiunii de eroziune exercitate de către apele de şiroire şi ale organismelor fluviatile asupra albiilor şi versanţilor. Procesul de formare a aluviunilor este influenţat de un ansamblu de factori naturali şi antropici, care acţionează asupra sa atât în sens favorizant, cât şi restrictiv.

Cantitatea de material erodat şi transportat de către râuri depinde într-o măsură considerabilă de **litologia** bazinului de recepţie. **Relieful** influenţează formarea aluviunilor prin declivitate, energia de relief, densitatea fragmentării.

Condiţiile climatice, îndeosebi prin cantitatea şi intensitatea precipitaţiilor, pot avea rol favorizant sau restrictiv în formarea aluviunilor. Ploile torenţiale, pe de o parte, accelerează eroziunea superficială şi intensifică procesele de versant, iar pe de altă parte, determină creşterea debitelor lichide şi producerea viiturilor, cu mare forţă erozivă şi de transport. Perioadele de uscăciune favorizează reducerea coeziunii particulelor de sol care sunt mai uşor dislocate de către apele de ploaie şi de vânt.

Debitul de aluviuni este influenţat şi de **scurgerea lichidă**, de care este direct dependent, fiind însă mai variabil decât aceasta.

Solurile, prin caracteristicile lor (structură, textură ş.a.) constituie o importantă sursă de material aluvionar, mai ales când nu sunt protejate de **vegetaţie**, a cărei prezenţă are un rol restrictiv asupra formării aluviunilor.

Dintre **acţiunile antropice** cu efecte dinamizatoare asupra transportului aluvionar se impun, în primul rând, despăduririle. Păşunatul excesiv, transformarea pajiştilor în terenuri arabile, utilizarea de agrotehnici necorespunzătoare ş.a., reprezintă alte acţiuni care pot genera o dinamică rapidă a versanţilor, contribuind astfel la formarea de aluviuni. La polul opus, cu efecte restrictive asupra scurgerii solide se situează împădurile, lucrările de amenajare a torenţilor, de stabilizare a proceselor de versant, realizarea de lacuri de acumulare, în care sunt reţinute importante cantităţi de aluviuni.

17.2. ALUVIUNILE ÎN SUSPENSIE

Aluviunile în suspensie deţin cea mai mare pondere în debitul solid total al unui râu (până la peste 90%), cu excepţia organismelor fluviatile din zonele montane, unde, datorită vitezei mai mari a apei, o pondere ridicată deţin aluviunile de fund.

17.2.1. MODALITĂŢI DE EXPRIMARE A SCURGERII DE ALUVIUNI ÎN SUSPENSIE

Scurgerea de aluviuni în suspensie este exprimată, cel mai frecvent, cu ajutorul **debitului de aluviuni în suspensie**, notat cu simbolul **R**. El este definit ca fiind cantitatea de materiale în suspensie ce trec prin secţiunea activă a unui râu în unitatea de timp şi are ca unităţi de măsură g/s, kg/s sau t/an.

Scurgerea de aluviuni în suspensie mai poate fi exprimată şi sub forma **volumului de aluviuni în suspensie** (W_R). El se determină pentru un anumit interval de timp ca produs între debitul de aluviuni în suspensie (R) din perioada respectivă şi timpul considerat (T):

$$W_{R\ [kg;\ t]} = R_{[kg/s]} \cdot T_{[s]}.$$

De exemplu, volumul mediu de aluviuni în suspensie transportat de un râu într-un an se obţine înmulţind debitul mediu de aluviuni din anul respectiv (R_{an}) cu numărul mediu al secundelor dintr-un an:

$$W_{Ran\ [t/an]} = R_{an\ [kg/s]} \cdot 31{,}56 \cdot 10^6\ [s] \cdot 10^{-3} \text{ sau}$$

$$W_{Ran\ [t/an]} = R_{an\ [kg/s]} \cdot 31{,}56 \cdot 10^3.$$

Pentru efectuarea de comparaţii, ca şi în cazul scurgerii lichide, se utilizează **debitul de aluviuni în suspensie specific (r)**, exprimat, de regulă, în t/ha.an. El se calculează raportând volumul anual de aluviuni în suspensie (W_{Ran}) la suprafaţa bazinului corespunzătoare secţiunii considerate (F):

$$r_{[t/ha.an]} = \frac{W_{Ran}[t/an]}{F[ha]}.$$

Debitul de aluviuni în suspensie se află în strânsă dependenţă cu **turbiditatea** apei. Aceasta reprezintă cantitatea de aluviuni în suspensie existente într-o unitate de volum de apă. Se notează cu simbolul ρ şi se exprimă în g/l, g/m^3 sau kg/m^3.

Între turbiditatea (ρ) şi debitul de aluviuni în suspensie (R) există următoarea relaţie:

$$(\rho)_{[kg/m^3]} = \frac{R_{[Kg/s]}}{Q_{[m^3/s]}},$$ în care Q reprezintă debitul de apă.

17.2.2. DETERMINAREA DEBITULUI DE ALUVIUNI ÎN SUSPENSIE

Determinarea debitului de aluviuni în suspensie presupune efectuarea mai multor operaţii: colectarea probelor de aluviuni, filtrarea lor, calcularea debitelor de aluviuni în suspensie.

17.2.2.1. Colectarea şi filtrarea probelor de aluviuni în suspensie

Dispozitive de recoltare a probelor de aluviuni în suspensie. Colectarea probelor de aluviuni în suspensie se realizează cu ajutorul ***batometrelor*** de diferite tipuri: cu umplere instantanee sau cu umplere prelungită.

Batometrul cu umplere instantanee (fig. 17.1.) este constituit dintr-un cilindru metalic (cu capacitate de 500-5000 cm^3) prevăzut cu două capace laterale care se pot închide ermetic şi instantaneu în momentul şi la adâncimea dorită (unde este lansat pe o tijă gradată, în poziţie orizontală).

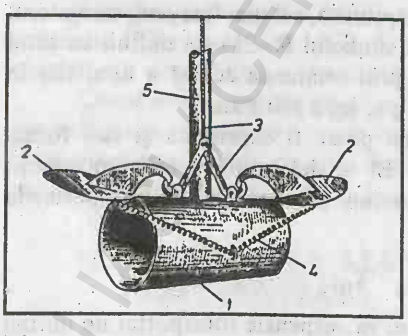


Fig. 17.1. *Batometrul cu umplere instantanee: 1- cilindru; 2 – clape; 3 – sistem de armare–declanşare; 4 – arcuri; 5 – tijă (după C. Diaconu şi colab., 1997 a).*

Dintre ***batometrele cu umplere prelungită***, frecvent utilizate sunt ***batometrele butelie***: ***sticla cu ajutaje*** (ajutajele sunt două ţevi introduse în dop, una orientată împotriva curentului pentru intrarea apei în sticlă, iar cealaltă în sensul curentului, pentru evacuarea aerului) (fig. 17.2.), ***sticla cu dop*** (ce poate fi tras de la suprafaţa, prin intermediul unei sfori). Pentru lansarea la adâncimile dorite, batometrele butelie pot fi introduse în carcase metalice, cu greutate şi uneori cu coadă (pentru dirijarea sticlei în funcţie de curent şi menţinerea ei în poziţie verticală).

Recoltarea probelor de aluviuni în suspensie se realizează din puncte standard, de pe verticalele stabilite în secțiunea de măsurare, prin mai multe **metode**, dintre care, cele mai utilizate sunt: măsurătorile complete, măsurătorile simplificate și măsurătorile simple.

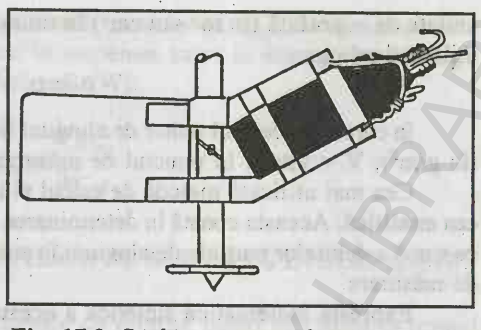


Fig. 17.2. *Sticla cu ajutaje fixată în carcasă și pe tijă (după C. Diaconu și colab., 1997 a).*

➢ **Măsurătorile complete** se efectuează pe toată lățimea râului, de regulă, o dată cu cele de debit lichid. Ele constau în recoltarea de probe de apă dintr-o serie de verticale fixe caracteristice din toate punctele de măsurare a vitezelor.

➢ **Măsurătorile simplificate** se execută în timpul apelor mari și al viiturilor. Ele presupun colectarea de probe de aluviuni de pe toată lățimea secțiunii, în toate verticalele de viteză, dar numai în punctele „0,6 h" și „suprafață".

➢ **Măsurătorile simple** se efectuează într-un număr fix de verticale, stabilite funcție de caracteristicile albiilor minoră și majoră: 2 verticale (în vecinătatea fiecărui mal) pentru râurile numai cu albie minoră și 3-4 verticale (două în albia minoră și 1-2 în albia majoră) pentru râurile ce prezintă și luncă.

Măsurătorile de aluviuni în suspensie sunt repartizate în timpul anului astfel încât să surprindă perioadele caracteristice ale regimului hidrologic. Numărul lor poate oscila între 25-30 (în cazul albiilor stabile) și 30-40 (în situația celor instabile).

Filtrarea probelor de aluviuni. Fiecare probă de apă colectată se filtrează prin filtre speciale, de greutate cunoscută (notată pe fiecare dintre ele) și având înscrise datele specifice măsurătorii (râul, data, punctul de recoltare). După ce s-a scurs toată apa din probă, filtrele se usucă în etuvă, după care se cântăresc. Diferența dintre greutatea filtrului cu aluviuni uscate și greutatea inițială a filtrului reprezintă cantitatea de materiale în suspensie (G_a) existentă în volumul de apă filtrat (V). Prin raportarea cantității de aluviuni la volumul respectiv, se obține **turbiditatea apei** (ρ):

$$\rho_{[g/m^3]} = \frac{G_{a[g]} \cdot 10^6}{V_{[cm^3]}}.$$

17.2.2.2. Calcularea debitului de aluviuni în suspensie

Calcularea debitului de aluviuni în suspensie se realizează pe baza turbidităților determinate pentru fiecare probă de apă colectată din verticalele și punctele de măsurare. Principalele metode utilizate pentru calcularea debitului de aluviuni în suspensie sunt: **metoda analitică, metoda grafomecanică și metoda grafoanalitică.** Indiferent de metoda folosită este necesar ca pentru fiecare probă recoltată să se determine mai întâi **debitul unitar de aluviuni în suspensie** (α). Acesta reprezintă cantitatea de materiale în suspensie (în g sau kg) ce trece printr-o

unitate de suprafață (în m^2 sau cm^2) în unitatea de timp (s). Valoarea lui se obține utilizând relația:

$$\alpha = \rho \cdot V,$$

în care: α = debitul unitar de aluviuni în suspensie (în $g/m^2/s$); ρ = turbiditatea (în g/m^2); V = viteza în punctul de măsurare (în m/s).

Cea mai utilizată metodă de calcul al debitului de aluviuni în suspensie este cea **analitică**. Aceasta constă în determinarea debitului total de aluviuni în suspensie ca sumă a debitelor parțiale de aluviuni în suspensie care se scurg printre verticalele de măsurare.

Expresia matematică sintetică a acestei metode este de forma:

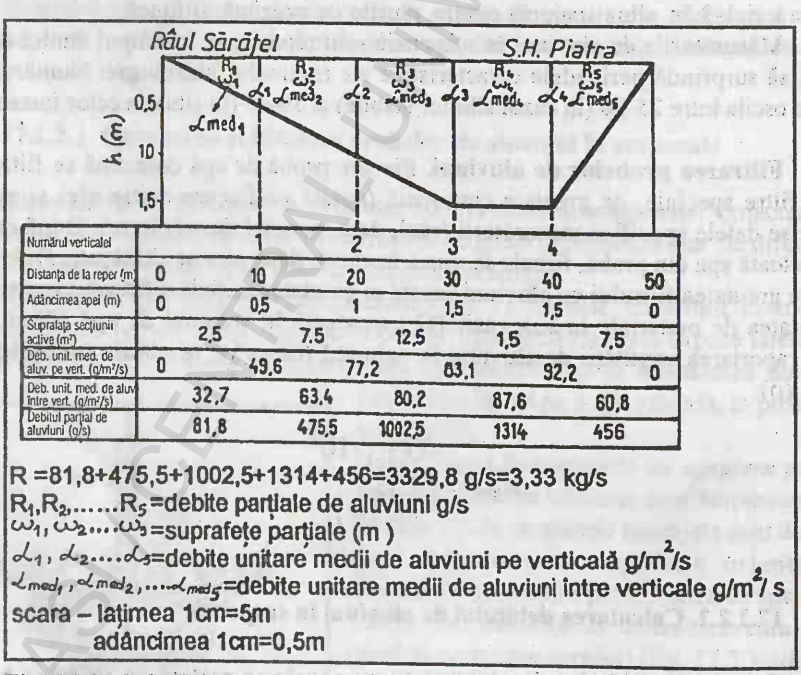
$$R = 0{,}001\left(\frac{2}{3}\alpha_1\omega_0 + \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}\omega_1 + \ldots + \frac{\alpha_{n-1}+\alpha_n}{2}\omega_{n-1} + \frac{2}{3}\alpha_n\omega_n\right),$$

în care: R = debitul de aluviuni în suspensie dintr-o secțiune (în kg/s);

$\alpha_1 \ldots \alpha_n$ = debitele unitare medii de aluviuni pe verticală(în $g/m^2/s$), determinate prin metoda analitică, prin utilizarea de formule similare celor pentru calculul vitezelor medii pe verticală (a se vedea 13.2.3.)

$\omega_0 \ldots \omega_n$ = suprafețele parțiale dintre verticalele de măsurare (în m^2).

În figura 17.3. este prezentat un exemplu de calcul al debitului de aluviuni în suspensie prin metoda analitică.



Numărul verticalei		1	2	3	4	
Distanța de la reper (m)	0	10	20	30	40	50
Adâncimea apei (m)	0	0,5	1	1,5	1,5	0
Suprafața secțiunii active (m^2)		2,5	7,5	12,5	1,5	7,5
Deb. unit. med. de aluv. pe vert. ($g/m^2/s$)	0	49,6	77,2	83,1	92,2	0
Deb. unit. med. de aluv între vert. ($g/m^2/s$)		32,7	63,4	80,2	87,6	60,8
Debitul parțial de aluviuni (g/s)		81,8	475,5	1002,5	1314	456

R =81,8+475,5+1002,5+1314+456=3329,8 g/s=3,33 kg/s

$R_1, R_2, \ldots R_5$ =debite parțiale de aluviuni g/s

$\omega_1, \omega_2 \ldots \omega_5$ =suprafețe parțiale (m)

$\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_5$=debite unitare medii de aluviuni pe verticală $g/m^2/s$

$\alpha_{med_1}, \alpha_{med_2}, \ldots \alpha_{med_5}$=debite unitare medii de aluviuni între verticale $g/m^2/s$

scara – lățimea 1cm=5m

adâncimea 1cm=0,5m

Fig. 17.3. *Calculul debitului de aluviuni în suspensie într-o secțiune a unui râu prin metoda analitică.*

Între debitul de aluviuni în suspensie (R), debitul lichid (Q) și turbidiate (ρ) există următoarea relație:

$$R_{[kg/s]} = Q_{[m^3/s]} \cdot \rho_{[kg/m^3]}.$$

Turbiditarea medie pentru o perioadă considerată (ρ_o) se calculează prin raportarea volumului mediu de aluviuni în suspensie scurs în acea perioadă (W_R), la volumul de apă scurs în aceeaşi perioadă (W):

$$\rho_{o[kg/m^3]} = \frac{W_{R[kg]}}{W_{[m^3]}} .$$

17.2.3. PRELUCRAREA DEBITELOR DE ALUVIUNI ÎN SUSPENSIE

Măsurătorile de aluviuni în suspensie de diferite tipuri efectuate în timpul anului la un post hidrometric servesc la determinarea **debitelor zilnice de aluviuni în suspensie.** Principala metodă utilizată în acest scop este aceea a corelaţiei dintre debitele de aluviuni în suspensie măsurate şi debitele lichide corespunzătoare lor. Corelaţiile se realizează grafic pentru diferite perioade de timp şi pot fi reprezentate prin curbe unice sau sub formă de bucle, în funcţie de caracteristicile scurgerii.

Pe baza debitelor zilnice de aluviuni în suspensie se determină **debitele de aluviuni în suspensie medii, maxime şi minime lunare şi anuale,** precum şi cele **multianuale.**

Ca şi debitele lichide, cele de aluviuni în suspensie prezintă **variaţii temporale şi spaţiale** ce pot fi analizate, în general, prin aceleaşi metode. Astfel, pentru studierea oscilaţiilor în timp (generate de variaţia condiţiilor climatice şi ale scurgerii lichide) se utilizează **hidrografele debitelor zilnice, lunare şi anuale de aluviuni în suspensie, coeficienţii moduli** (medii, maximi, minimi), **coeficienţii de variaţie a scurgerii anuale, curbe de asigurare** ş.a..

Variaţiile spaţiale ale transportului aluvionar în suspensie (determinate, în principal, de eterogenitatea factorilor naturali) se analizează pe baza legăturilor ce se stabilesc între scurgerea de aluviuni (exprimată, de obicei, sub forma debitului specific de aluviuni în suspensie – r, în t/ha.an) şi diferiţi parametri morfometrici ai bazinului, îndeosebi altitudinea medie (fig. 17.4.) şi suprafaţa.

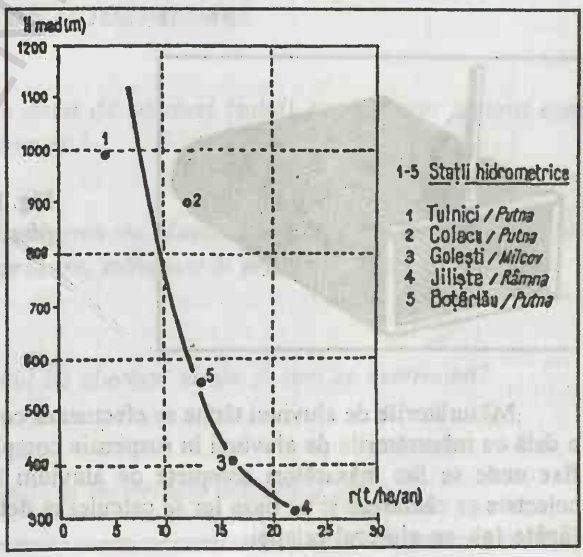


Fig. 17.4. *Corelaţia dintre scurgerea specifică medie de aluviuni în suspensie (r) şi altitudinea medie (H_{med}) în bazinul hidrografic al Putnei:* $r = f(H_{med})$.

17.3. ALUVIUNILE TÂRÂTE ŞI SEDIMENTATE

Aluviunile târâte (de fund). În afara aluviunilor în suspensie, râurile transportă materiale solide şi prin târâre (ele reprezintă 1 – 15% din valoarea debitului solid total). Această formă de deplasare este dependentă de debitul lichid şi de viteza apei. Râurile de munte, caracterizate prin viteze sporite de scurgere, antrenează cantităţi de aluviuni târâte mai mari decât cele din zona de câmpie. Dimensiunile particulelor târâte sunt variabile, ele depinzând tot de viteza apei, care în funcţie de intensitatea ei, determină trecerea aluviunilor în suspensie în aluviuni târâte (sau chiar depunerea lor) şi invers.

Scurgerea de aluviuni de fund este exprimată cu ajutorul **debitului de aluviuni târâte (G)** care reprezintă cantitatea de materiale solide transportate prin târâre prin secţiunea activă a unui râu în unitatea de timp. Are ca unităţi de măsură g/s sau kg/s. Determinarea acestui debit se realizează pe baza recoltării de probe. Dintre aparatele utilizate în acest scop, cel mai frecvent folosite în ţara noastră sunt **batometrele de fund**, cum sunt batometrul cu capcană (fig. 17.5.) şi batometrul sită (fig. 17.6.).

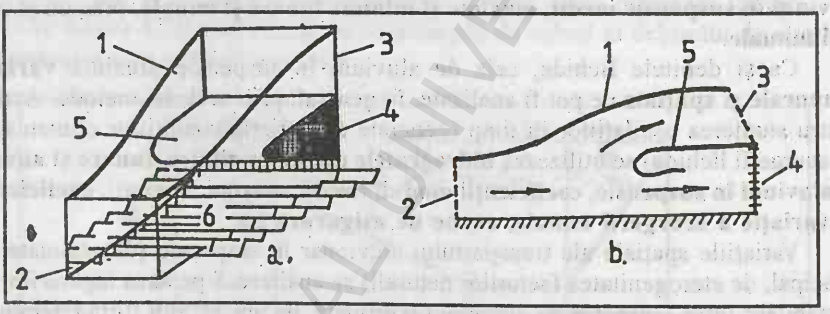


Fig. 17.5. *Batometrul cu capcană: a – vedere generală; b – secţiune longitudinală; 1 – cutie metalică; 2 – secţiune de intrare; 3 – secţiune de ieşire; 4 – plasă de sârmă; 5 – ecran; 6 – grătar cu jaluzele (după C. Diaconu, 1997).*

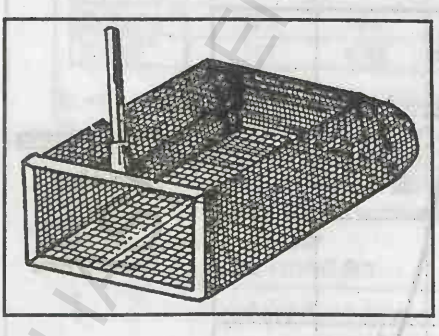


Fig. 17.6. *Batometrul sită (după C. Diaconu, 1997).*

Măsurătorile de aluviuni târâte se efectuează conform programului postului, o dată cu măsurătorile de aluviuni în suspensie complete în minim cinci verticale fixe unde se fac măsurători complete de aluviuni în suspensie. Probele astfel colectate se cântăresc şi pe baza lor se calculează **debitul elementar de aluviuni târâte (g)**, cu ajutorul relaţiei:

$$g = \frac{100P}{t \cdot b}[g/s.m]$$

în care: P = greutatea aluviunilor din probă (în g), determinată ca medie aritmetică a trei probe colectate; t = durata de recoltare a probei; b = lăţimea orificiului prin care aluviunile pătrund în batometru (în cm).

Calcularea debitului de aluviuni târâte într-o secţiune se poate realiza prin metoda analitică sau grafo-mecanică. Mai frecvent utilizată este **metoda analitică.** Ea constă în însumarea debitelor parţiale care se scurg între verticalele de recoltare a probelor şi este sintetizată de următoarea expresie matematică:

$$G = 0{,}001\left(\frac{g_1}{2}b_{0,1} + \frac{g_1 + g_2}{2}b_{1,2} + \ldots + \frac{g_{n-1} + g_n}{2}b_{n-1,n} + \frac{g_n}{2}b_{n,0}\right)[kg/s],$$

unde: $g_1, g_2, \ldots, g_n$ sunt debitele elementare de aluviuni târâte în verticalele de măsurare 1,2,...,n (în g/s.m), iar $b_{0,1}, b_{1,2}, \ldots, b_{n,0}$ sunt distanţele dintre verticalele de măsurare (în m).

Aluviunile sedimentate. Prin depunere în patul albiei (sedimentare) aluviunile determină colmatarea albiei, apariţia de formaţiuni acumulative (bancuri nisipoase, ostroave, insule) ce generează ramificarea râurilor, toate acestea cu efecte negative asupra navigaţiei, gospodăririi apelor şi regimului de scurgere a râurilor.

Măsurarea aluviunilor sedimentate permite cunoaşterea variaţiei în timp a patului albiei, a gradului lui de stabilitate. Măsurătorile constau în recoltarea de probe (cu **sonda** sau cu **draga**) din verticale fixe în care s-a măsurat viteza şi s-au luat probe de apă pentru măsurători complete de aluviuni în suspensie. Probele de sedimente sunt supuse ulterior analizelor granulometrice.

? *ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE*

1. *Ce se înţelege prin debit de aluviuni (solid) şi care sunt factorii care influenţează formarea sa?*

2. *Să se definească scurgerea de aluviuni în suspensie şi să se prezinte modalităţile de exprimare, măsurare şi prelucrare a sa.*

3. *Ce reprezintă debitul de aluviuni târâte şi cum se determină?*

4. *Aluviunile sedimentate şi importanţa măsurării lor.*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

18. REGIMUL TERMIC ŞI DE ÎNGHEŢ AL RÂURILOR

18.1. TEMPERATURA APEI RÂURILOR

Caracteristicile termice ale apelor organismelor fluviatile sunt determinate de acţiunea mai multor factori: **condiţiile climatice** (radiaţia solară, temperatura aerului, precipitaţii), **orografie** (care generează zonalitatea verticală a condiţiilor climatice), **litologie, dinamica apelor şi debitele lichide, caracteristicile hidraulice ale secţiunilor** (lăţime, adâncime), **sursele de alimentare** (nivale, pluviale, subterane), unele **activităţi antropice** (deversări de ape reziduale calde).

Sub acţiunea factorilor menţionaţi, temperatura apei din râuri prezintă o mare variabilitate temporală şi spaţială.

➢ **Variabilitatea temporală a temperaturii apei** poate fi evidenţiată la scară diurnală, lunară, sezonieră, anuală şi este foarte asemănătoare cu cea a aerului.

Evoluţia diurnă a temperaturii apei urmăreşte, în general, mersul temperaturii aerului, faţă de care este, de regulă, mai atenuată, datorită capacităţii calorice superioare a apei. Evoluţia paralelă a temperaturilor celor două medii (aer - apă) este mai pronunţată în cazul râurilor cu debite reduse şi în perioadele cu scurgere minimă.

Evoluţia temperaturii apei în timpul anului. Variaţia temperaturii apei în timpul anului de la o lună la alta sau de la un anotimp la altul, este caracteristică îndeosebi la organismele fluviatile din zonele temperată şi rece. De exemplu, în ţara noastră, în intervalul iunie – august apele înregistrează temperaturi maxime, ce ating 12 - 22°C în regiunile montane, 18 - 30°C în cele deluroase şi 25 - 35°C în zonele de câmpie. Iarna temperaturile apei râurilor scad la 0°C (chiar până la -2°C) şi sunt caracteristice fenomenele de îngheţ. În acest anotimp, sistemele hidrografice din nord-estul Siberiei (Iana, Kolâma, Indighirka, Anadâr) îngheaţă pe anumite sectoare până la fundul albiei minore întrerupându-se astfel scurgerea. Se produce astfel, un tip de ***etiaj de iarnă*** sau ***secarea de iarnă.***

Temperatura medie anuală a apei oscilează de la o regiune climatică la alta şi de la o unitate de relief la alta. Pe teritoriul României, apa râurilor prezintă o temperatură medie de 4 - 7°C în zona montană, 7 - 11°C în cea deluroasă şi de podiş şi de 11 – 12°C în zonele de câmpie. De-a lungul aceluiaşi râu, temperatura medie a apei se poate modifica, în funcţie de caracteristicile climatice ale regiunilor pe care le străbate.

➢ **Variaţia spaţială a temperaturii apei râurilor** poate fi remarcată, în general, sub trei aspecte: în profil vertical, în profil transversal şi în profil longitudinal.

În profil vertical, datorită mişcării turbulente a apei, temperaturile se uniformizează şi se produce aşa-numita „falsă homotermie". Acest fenomen este specific râurilor cu adâncimi reduse. Râurile şi fluviile care au adâncimi mari (50-100 m) pot să prezinte o uşoară stratificaţie termică cu caracter instabil.

În secţiune transversală, temperatura apei este uşor variabilă în funcţie de anotimp. La latitudini temperate, vara, în vecinătatea malurilor, apa este ceva mai caldă (cu 1 - 3 °C) decât în partea centrală a râului, ca urmare a vitezei de scurgere mai reduse şi a influenţei termice a uscatului. Toamna, situaţia se inversează, apa fiind mai caldă în mijlocul secţiunii şi mai rece la maluri.

În profil longitudinal, temperatura apelor diferă de la izvoare spre vărsare. De exemplu, la organismele fluviatile din zona temperat-continentală, care curg de la nord la sud (fluviile Mississippi, Nipru, Volga), temperatura apelor înregistrează, în general, o creştere din amonte spre aval. Sistemele hidrografice care curg de la sud la nord (Mackenzie, Obi, Enisei, Lena, Kolâma, Indighirka) prezintă o

temperatură care, de regulă, scade de la izvoare spre vărsare. Râurile şi fluviile care au direcţie de curgere pe linia paralelelor prezintă mici variaţii din punct de vedere termic, cu excepţia sectoarelor unde intervine influenţa orografiei. În cazul râurilor care străbat unităţi diferite de relief temperatura apei creşte dinspre izvor spre vărsare.

Măsurarea şi prelucrarea temperaturii apei râurilor. Temperatura apei râurilor se determină conform programului de măsurători, la orele standard de măsurare a nivelurilor şi anume 7 şi 17 (6 şi 18 în timpul programului de vară), cu excepţia perioadelor cu fenomene de iarnă, când temperatura apei nu se determină. Ca instrumente se utilizează **termometre de apă** de diferite tipuri. Punctul ales de măsurare a temperaturii trebuie să fie într-un loc mai adânc, în curentul apei, unde scurgerea nu suportă influenţe modificatoare. Valorile citite cu ajutorul termometrelor vor fi ulterior prelucrate, pe baza lor obţinându-se **temperaturile caracteristice** şi anume ***mediile zilnice, decadale, lunare, temperaturile maxime şi minime lunare.***

O modalitate de prelucrare a temperaturilor apei râurilor o constituie realizarea **graficelor de variaţie cronologică** a acestora. În acest scop se utilizează, de regulă, valorile medii lunare şi zilnice, considerate pe o perioadă de un an sau multianuală.

18.2. REGIMUL DE ÎNGHEŢ AL RÂURILOR

Când temperatura aerului scade sub 0°C şi temperatura apei ajunge la 0°C, în apa râurilor încep să apară formaţiunile de gheaţă. Primele formaţiuni de gheaţă ce apar imediat după răcirea stratului superficial de apă sunt **acele de gheaţă** (fig. 18.1.). Pe sectoarele unde râul are o pantă mai mică şi o viteză mai scăzută a apelor, o dată cu apariţia acelor de gheaţă, la maluri poate să se formeze **gheaţa de mal,** cu caracter permanent sau temporar (apar în timpul nopţii şi se topesc ziua).

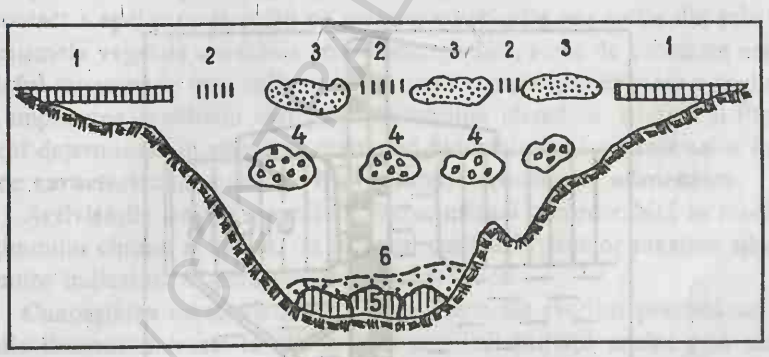


Fig. 18.1. *Secţiunea transversală a unui râu cu formaţiuni de îngheţ: 1 – gheaţă la mal; 2 – ace de gheaţă; 3 – sloiuri; 4 – zai (năboi); 5 – blocuri de piatră; 6 – gheaţă de fund.*

Dacă masa de apă a râurilor continuă să se răcească, în jurul aluviunilor în suspensie încep să se formeze **cristale de gheaţă.** Prin acumularea cristalelor de gheaţă se formează **sloiurile** care plutesc la suprafaţa apei. Totodată, prin înmulţirea acestor cristale de gheaţă se formează **gheaţa interioară** care poate să fie sub formă de **năboi,** numită şi **gheaţă spongioasă** sau **zai** şi sub formă de **gheaţă de fund.**

Prin scăderea continuă a temperaturii apei şi prin creşterea densităţii sloiurilor de gheaţă care încep să se sudeze între ele ia naştere **podul de gheaţă.**

Formaţiunile de îngheţ din apa râurilor sunt specifice organismelor fluviatile din zonele rece şi din temperată, iar durata lor este variabilă în funcţie de condiţile climatice, orografice, de dinamica apei ş.a. De exemplu, în regiunile de vest ale ţării noastre, podul de gheaţă are o durată maximă de 50-60 zile, în timp ce în partea de est a Carpaţilor Orientali, durata acestuia este cu mult mai mare (70-100 zile).

Primăvara, sub influenţa factorilor termici şi dinamici, grosimea gheţii începe să se micşoreze şi are loc ruperea podului de gheaţă şi transformarea lui în sloiuri plutitoare. Prin încălzirea treptată a aerului şi a apei formaţiunile de gheaţă dispar treptat. Prin aglomerarea sloiurilor în dreptul pragurilor sau în sectoarele de strâmtoare ale albiei minorese formează **zăpoare** în spatele sau baraje de gheaţă în spatele lor, prin acumularea apei, se pot produce inundaţii.

Măsurarea şi prelucrarea fenomenelor de îngheţ. Asupra fenomenelor de îngheţ produse pe râuri, la posturile hidrometrice se efectuează observaţii vizuale zilnice (o dată cu cu măsurătorile de nivel) asupra tipurilor de formaţiuni de gheaţă şi gradului de acoperire a suprafeţei apei. Asupra podului de gheaţă se realizează măsurători pentadale, în zilele de 5, 10, 15, 20, 25 şi ultima zi a lunii.

În carnetul de observaţii al postului hidrometric se notează apariţia, dispariţia şi durata diferitelor fenomene de îngheţ (ace de gheaţă, gheaţa la mal, sloiurile, podul de gheaţă). În cazul podului de gheaţă se determină grosimea gheţii. În acest scop se realizează una sau mai multe copci, executate astfel încât să nu afecteze stabilitatea podului. Grosimea gheţii se stabileşte cu ajutorul unei mire speciale numită **clupă** (fig. 18.2.).

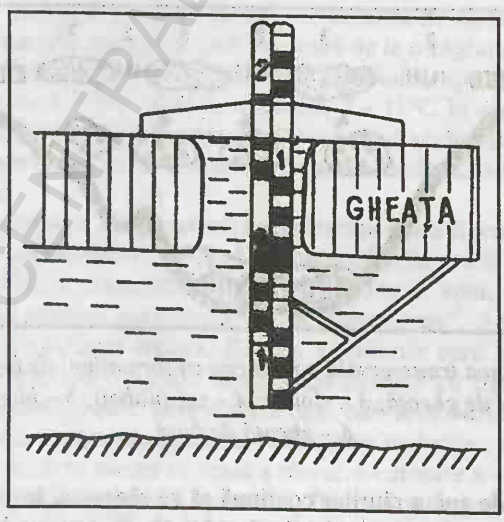


Fig. 18.2. *Mină (clupă) pentru măsurarea grosimea gheţii.*

Pe baza datelor obţinute din măsurători se pot întocmi grafice cronologice care să ilustreze evoluţia grosimii gheţii, năboiului sau a zăpezii de pe podul de gheaţă.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care sunt factorii care influenţează temperatura apei râurilor şi în ce constă variabilitatea sa spaţială şi temporală?*
2. *Să se precizeze modalităţile de măsurare şi prelucrare a temperaturii apei râurilor.*
3. *Care sunt principalele formaţiuni de îngheţ din apa râurilor şi cum se realizează măsurarea şi prelucrarea lor?*

19. CHIMISMUL APEI RÂURILOR

Caracteristicile hidrochimice ale râurilor sunt generate, în primul rând, de particularităţile elementelor cadrului natural cu care apa, în circulaţia ei, intră în contact. Între aceste elemente se impun cele de ordin **geologic** şi **edafic** (prin compoziţia chimică a rocilor şi a solurilor), **climatic** (prin rolul precipitaţiilor în spălarea solurilor conţinute în substrat, al temperaturii care dirijează evaporaţia apei din sol şi circulaţia sărurilor, prin acţiunea vântului care poate interveni în circulaţia sărurilor) şi **fitologic** (prezenţa vegetaţiei determină o durată mai mare de contact a apelor ce se scurg pe versanţi cu solurile sau rocile din substrat, iar organismele vegetale constituie prin descompunere, surse de substanţe organice). **Relieful** intervine în mod indirect în formarea compoziţiei chimice a apei râurilor prin impunerea zonalităţii verticale a condiţiilor climatice, edafice şi fitologice. Un rol determinant în stabilirea regimului hidrochimic al organismelor fluviatile revine **caracteristicilor scurgerii şi ponderii surselor de alimentare.**

Activităţile umane contribuie într-o măsură considerabilă la modificarea conţinutului chimic al apelor, iar în cazul depăşirii limitelor maxime admise ale anumitor indicatori, la poluarea unităţilor acvatice.

Cunoaşterea caracteristicilor hidrochimice ale râurilor prezintă un interes practic deosebit întrucât ea stă la baza stabilirii calităţii apelor şi a elaborării studiilor ce vizează utilizarea lor pentru diferitele activităţi social-economice.

Principalele proprietăţi chimice ale râurilor care se determină la posturile hidrometrice şi secţiunile de control al calităţii sunt: reziduul fix, duritatea, pH-ul, concentraţia de oxigen dizolvat şi de dioxid de carbon, consumul biochimic de oxigen şi de manganat de potasiu, compoziţia ionică (ioni de calciu, magneziu, natriu, fier, sulfaţi, cloruri, bicarbonaţi, nitraţi, nitriţi etc.). Măsurătorile asupra proprietăţilor fizico-chimice ale apei râurilor se efectuează lunar.

În caracterizarea apei sistemelor fluviatile din punct de vedere chimic, se foloseşte frecvent ca parametru **mineralizarea (M).** Aceasta reprezintă cantitatea substanţelor chimice anorganice dizolvate în apă, exprimată în g/l sau în g/m^3. Ea este echivalentă reziduului fix şi se determină cu ajutorul relaţiei:

$$M = \frac{S \cdot 10^6}{V} \ [g/m^3],$$

unde: S = cantitatea de substanțe minerale uscate (în g); V = volumul probei de apă (în cm^3).

Gradul de mineralizare este scăzut (sub 200 mg/l) în regiunile montane, alcătuite din roci cristaline și eruptive. În zonele deluroase și de podiș, formațiunile sedimentare dominante determină mineralizări medii de până la 500 mg/l. Râurile din regiunile de câmpie, în constituția cărora predomină roci solubile, prezintă mineralizări mari, de peste 500 mg/l. În funcție de anionul dominant se stabilește tipul hidrochimic al apei: bicarbonatat, clorurat, sulfatat.

Cunoscând mineralizarea, se poate determina **debitul chimic (Q_c):**

$$Q_c = \frac{M \cdot Q}{10^3} \ [kg/s],$$

unde: M = mineralizarea (în g/m^3); Q = debitul de apă (în m^3/s).

În România, circa 90% din organismele fluviatile au ***ape bicarbonate***, cu diferite grade de mineralizare (fig. 19.1.).

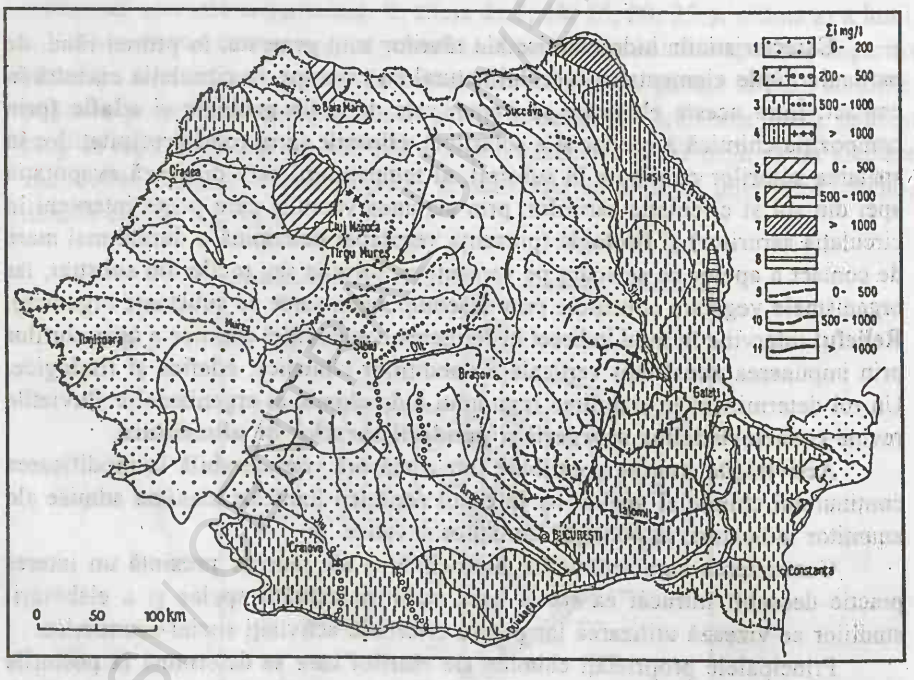


Fig. 19.1. *Tipuri hidrochimice ale râurilor din România: 1 – 4, bicarbonatice; 5 – 7, sulfatice; 8, mixt; 9 – 11, clorurice) (după Geografia României, 1983).*

Râurile cu ape sulfatice au mineralizări ridicate (500-1000 mg/l, până la 2000 mg/l). Ele ocupă areale restrânse, întâlnindu-se în Munții Apuseni, Podișul Transilvaniei (Someșul Mare, Someșul Mic, Bistrița, Almaș, etc.) și în Podișul Moldovei (Jijia, Bahlui, Sitna ș.a.).

Apele clorurice, în general cu mineralizări mari (500-1000 mg/l) caracterizează râurile ce traversează formațiuni salifere: Trotuș, Slănic, Tazlău Sărat,

Putna, Râmnicu Sărat, Călmățui, Sărata, Cricovu Sărat, Ialomița, Târnava Mică, Mureș (pe anumite sectoare) etc.

În ceea ce privește **duritatea** apei, în cazul râurilor din țara noastră este cuprinsă între 1,52°G (Bâlea Cărțișoara) și 53°G (Ialomița - Coșereni), având valori medii anuale cuprinse între 4,2 și 24°G.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

4. *Care sunt factorii care determină chimismul apei râurilor și ce parametri sunt utilizați în caracterizarea hidrochimică a râurilor?*

5. *Care sunt principalele tipuri hidrochimice ale râurilor din România și cum sunt ele repartizate spațial?*

SINTEZĂ A NOȚIUNILOR ȘI TERMENILOR IMPORTANȚI

***Cumpănă de ape** (trasare, elemente caracteristice); **bazin hidrografic și elemente caracteristice**: poziție geografică, suprafață, lungime, lățime (maximă și medie), formă, asimetrie, altitudine (medie, maximă, minimă), pantă medie, densitate a rețelei hidrografice, grad de împădurire, grad de acoperire cu lacuri sau mlaștini; **văile**: geneză (fluviatile, glaciare, tectonice), elementele morfologice ale văilor fluviatile (albie minoră, albie majoră, terase, versanți, luncă), elementele morfometrice ale văilor fluviatile (lungime, adâncime, lățime), forma și elementele albiei în plan, meandrele și evoluția lor; profilul longitudinal al albiei și evoluția sa, profilul transversal al râului și elementele sale hidraulice (suprafață, lățime, adâncime maximă și medie, perimetru udat, rază hidraulică); **dinamica râurilor**: forțele care acționează asupra mișcării apei râurilor, mișcarea laminară și mișcarea turbulentă; **viteza apei din râuri**: epura sau hodograful vitezelor, izotahe, dispozitive de măsurare a vitezei apei (morișcă hidrometrică, flotori, prăjină hidrometrică, tub hidrometric, balanța lui Jens, sonde electromagnetice, sisteme și dispozitive acustice), determinarea vitezei medii a apei în verticale de viteză (metoda analitică), determinarea vitezei medii a apei în secțiunea activă; **nivelul apei râurilor**: dispozitive și instalații de măsurare (mire hidrometrice de diferite tipuri, limnigrafe, telelimnimetre, telelimnigrafe, dispozitive hidrostatice, dispozitive radar, dispozitive cu ultrasunete), măsurarea nivelurilor („planul zero al mirei", „planul zero al graficului"), prelucrarea nivelurilor (niveluri caracteristice, hidrograful nivelurilor, graficul frecvenței și duratei nivelurilor); **debitul de apă**: metode indirecte de determinare (secțiune-viteză, utilizând morișca hidrometrică), metode directe de determinare (volumetrică, chimică sau a diluției, deversorilor și canalelor calibrate), cheia limnimetrică (grafică și tabelară), prelucrarea debitelor de apă (debite caracteristice, hidrografe ale debitelor, grafice de frecvență și durată, curbe de*

*asigurare); **scurgerea râurilor**: surse şi tipuri de alimentare, factorii care influenţează scurgerea râurilor (climatici, geologici, relieful, învelişul edafic, vegetaţia, factorul uman), modalităţi de exprimare a scurgerii apei râurilor (debit lichid, debit lichid specific, volum, strat de apă, coeficient de scurgere), scurgerea medie (variaţie spaţială, variaţie temporală, modalităţi de analiză a acestor variaţii), scurgerea maximă, scurgerea minimă, fenomene hidrologice extreme (viituri şi caracteristicile lor, etiaje, secări şi caracteristicile lor), regimul hidrologic şi perioadele sale caracteristice, bilanţul hidrologic şi expresiile sale; **debitul de aluviuni (solid)**: structură, factori genetici, aluviunile în suspensie (modalităţi de exprimare, de măsurare, de prelucrare), aluviunile târâte (de fund), aluviunile sedimentate; **regimul termic al râurilor** (variaţie spaţială şi temporală, modalităţi de măsurare şi prelucrare a temperaturii apei), **regimul de îngheţ al râurilor** (principalele formaţiuni de îngheţ, modalităţi de măsurare şi prelucrare); **chimismul apei râurilor** (geneză, parametri caracteristici).*

20. LUCRĂRI PRACTICE

20.1. CARACTERISTICILE MORFOMETRICE ALE BAZINULUI HIDROGRAFIC

Bazinul hidrografic este definit (după cum s-a precizat în capitolul 10) ca fiind arealul din cuprinsul căruia un sistem fluviatil, alcătuit dintr-o arteră hidrografică principală şi afluenţii săi, îşi adună apele. El este delimitat de cumpăna de ape (linia care separă bazinele hidrografice vecine, unind punctele cu cele mai mari altitudini dintre ele) şi poate fi caracterizat printr-un ansamblu de elemente morfometrice (parametri morfometrici), precum:

- Perimetrul bazinului (lungimea proiecţiei orizontale a cumpenei apelor).
- Suprafaţa bazinului.
- Forma bazinului hidrografic.
- Lungimea bazinului.
- Lăţimea bazinului (maximă, medie).
- Altitudinea medie a bazinului.
- Panta medie a bazinului.
- Coeficientul de acoperire cu pădure, lacuri etc.

Prezentarea mai detaliată a acestor elemente s-a realizat în capitolul 10.2.

În scopul aplicării metodologiei de determinare a diferiţilor parametri morfometrici ce caracterizează un bazin hidrografic a fost ales bazinul pârâului Valea Rea, un afluent pe partea dreaptă a râului Buzău, în dreptul localităţii Valea Lupului (fig. 20.1.). Este un bazin cu o suprafaţă redusă (sub 10 km^2), situat în cadrul Subcarpaţilor de Curbură. Bazinul a fost delimitat pe baza hărţii topografice 1: 25.000.

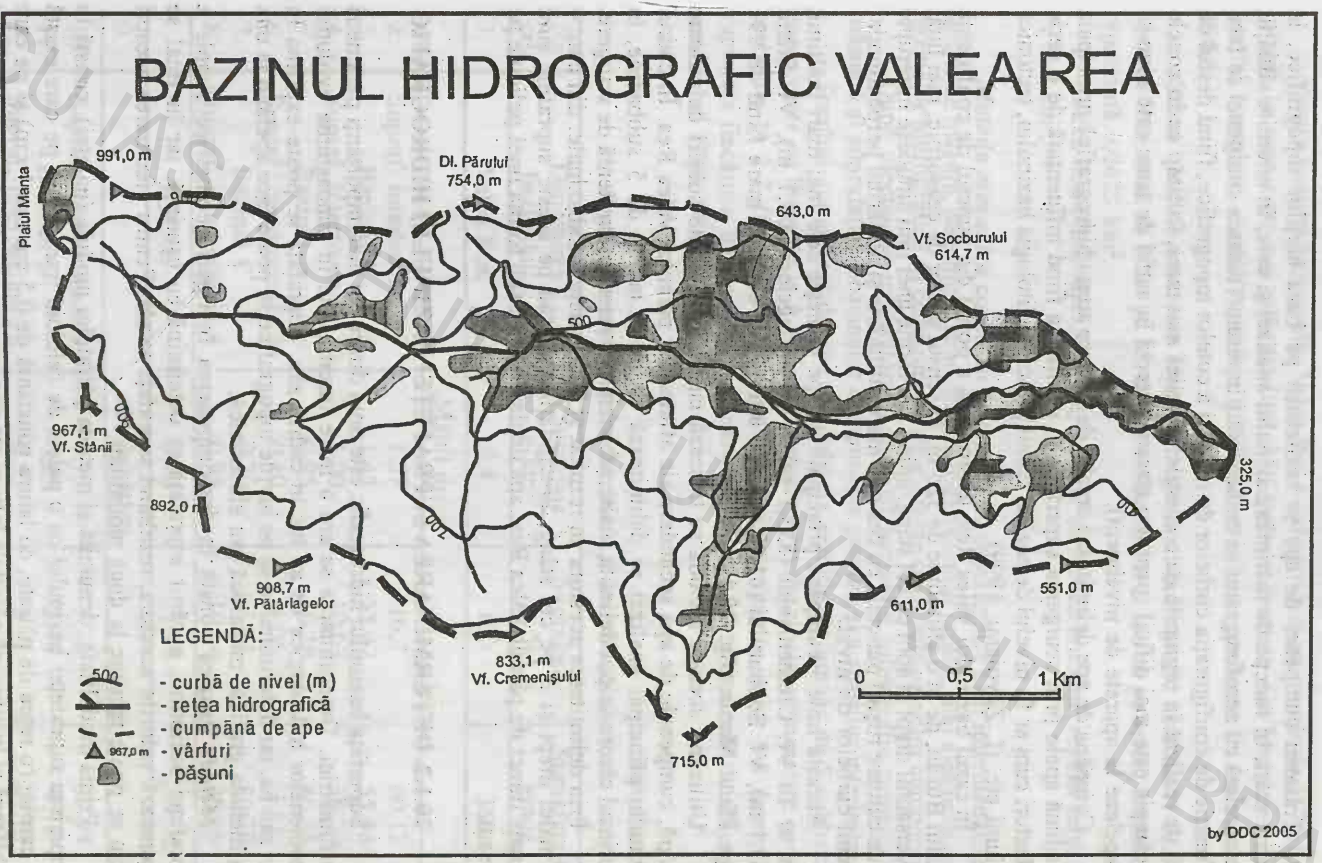


Fig. 20.1. *Harta bazinului hidrografic Valea Rea*

BCU IAŞI "CAROL I" UNIVERSITY LIBRARY

20.1.1. DELIMITAREA BAZINULUI HIDROGRAFIC PRIN TRASAREA CUMPENEI DE APE

Trasarea cumpenei de ape se realizează pe baza hărţilor topografice, la diferite scări, în funcţie de mărimea bazinului analizat şi care, în anumite situaţii, este corelată cu aerofotograme şi cu deplasări în teren. Trasarea cumpenei se face în funcţie de configuraţia curbelor de nivel şi a cotelor topografice, fiind destul de facil de realizat în regiunile cu o energie de relief mai mare, în timp ce în zonele de câmpie este mai dificil (pentru o trasare corectă în astfel de zone este bine să se apeleze la aparate de nivelment).

Cumpăna de ape delimitează arealul de pe care artera hidrografică principală îşi adună apele prin scurgerea superficială, poziţia sa fiind influenţată de o serie de factori cum ar fi: nivelul de bază al râului principal, litologia bazinului, tectonica regiunii etc. (I. Zăvoianu, 1999).

În cazul bazinului Valea Rea, delimitarea a pornit din punctul de confluenţă cu râul Buzău, de la o altitudine de 325 m, în sensul acelor de ceasornic, mai întâi cu versantul drept şi apoi cu cel stâng, unind sub forma unei linii sinuoase întrerupte (şi de culoare roşie) punctele cu cea mai mare altitudine şi urmărind perpendicular mersul curbelor de nivel.

Această linie - cumpăna principală de ape - uneşte cele mai mari înălţimi, cum ar fi: Vf. Cremenişului (833,1 m), Vf. Pătîrlagelor (908,7 m), Vf. Stânii (967,1 m), Vf. Socburului (614,7 m) etc., altitudinea cea mai mare fiind de 991 m pe Plaiul Manta (fig. 20.1).

Utilizând aceeaşi metodă se trasează cu linii întrerupte subţiri de culoare neagră, cumpenele de apă secundare ale afluenţilor pârâului Valea Rea. În cadrul bazinului principal analizat se delimitează astfel un număr de 5 subbazine, în cuprinsul cărora se pot delimita şi alte subbazine cu reţea intermitentă de scurgere.

Prin delimitarea acestora au rezultat şi 7 suprafeţe intrabazinale, din care 4 pe malul drept şi 3 pe cel stâng. Precipitaţiile ce cad pe aceste suprafeţe sunt drenate direct de pârâul Valea Rea, apa deplasându-se sub forma unei pelicule pe versant.

20.1.2. DETERMINAREA SUPRAFEŢEI BAZINULUI HIDROGRAFIC

Suprafaţa bazinului hidrografic este unul dintre cei mai importanţi parametri morfometrici. Determinarea sa are o mare însemnătate în cunoaşterea evoluţiei fenomenelor hidrologice ce au loc în cadrul său. Suprafaţa se poate exprima în km^2 sau ha, iar determinarea sa pe hărţile topografice se poate face apelând la una din metoda grafică, mecanică sau electronică.

Metoda grafică constă în descompunerea în figuri geometrice simple a suprafeţei bazinului, a căror suprafaţă se determină cu uşurinţă, iar în final se însumează valorile acestora, rezultând suprafaţa totală. Pentru efectuarea acestui lucru se poate recurge la două modalităţi.

Prima modalitate, denumită şi metoda pătratelor module (paletei), constă în acoperirea suprafeţei bazinului cu o paletă de celuloid transparent pe care există un caroiaj (o reţea de pătrate, cu latura constantă de 0,5 cm sau 1 cm) şi pe care se bifează şi însumează pătratele întregi iar apoi se determină şi fracţiile de pătrat ce apar la marginile suprafeţei şi se adaugă la suma pătratelor întregi. Rezultă astfel o suprafaţă a bazinului exprimată în cm^2, care în funcţie de scara hărţii se transformă în km^2 sau ha.

Cea de-a doua metodă constă în suprapunerea conturului bazinului hidrografic trasat pe o coală de calc peste o hârtie milimetrică pe care se înscriu pătratele complete şi parţial complete, ce se însumează ulterior.

Pentru bazinul hidrografic Valea Rea s-a determinat un număr de 117 pătrate întregi la care s-au mai adăugat încă 33,5 pătrate formate din însumarea celor parţial complete. Astfel suprafaţa totală a bazinului, exprimată în cm^2, este de 150,5.

Scara hărţii la care este reprezentat bazinul hidrografic este de 1: 25.000, ceea ce înseamnă că 1 cm pe hartă este echivalentul a 250 m pe teren, iar un cm^2 reprezintă 0,0625 km^2.

Astfel, înmulţind suprafaţa de 150,5 cm^2 cu 0,0625 km^2/cm^2 rezultă suprafaţa de 9,4 km^2.

Metoda mecanică constă în determinarea suprafeţelor prin intermediul unui aparat de măsură, denumit planimetru, metodă exactă şi rapidă, mai ales în cazurile bazinelor hidrografice cu contururi foarte sinuoase sau a subbazinelor componente.

După efectuarea măsurătorii suprafeţei bazinului hidrografic principal se măsoară şi suprafaţa subbazinelor componente precum şi a spaţiilor interbazinale.

Trasând cumpenele de ape secundare a rezultat un număr de 5 subbazine, numerotate cu litere de la A – E, şi 7 suprafeţe intrabazinale, numerotate cu cifre arabe de la 1-7 (fig. 20.2.). Cu ajutorul unui planimetru polar s-a determinat suprafaţa fiecăruia, datele obţinute înscriindu-se pe o hartă separată sau în cadrul unui tabel (Tab. 20.1.).

Tabelul 20.1.

Repartiţia suprafeţelor bazinale şi interbazinale

Nr. crt.	Denumirea bazinului	Suprafaţa în km^2	Suprafaţa în %	Suprafaţa în grade
1.	Valea Rea	9,4	100	360
	Malul drept			
2.	Supraf. interbazinală 1	1,57	16,7	60,12
3.	Bazinul A	1,45	15,42	55,53
4.	Supraf. interbazinală 2	1,00	10,63	38,26
5.	Bazinul B	0,95	10,10	36,36
6.	Supraf. interbazinala 3	0,10	1,06	3,81
7.	Bazinul C	0,70	7,44	26,78
8.	Supraf. interbazinală 4	0,95	10,10	36,36
	TOTAL	6,72	71,48	257,32
9.	Malul stâng			
10.	Supraf. interbazinală 5	0,73	7,76	27,93
11.	Bazinul D	0,23	2,44	8,78
12.	Supraf. interbazinală 6	0,83	8,82	31,75
13.	Bazinul E	0,36	3,82	13,75
14.	Supraf. interbazinală 7	0,53	5,63	20,26
	TOTAL	2,68	28,51	102,63

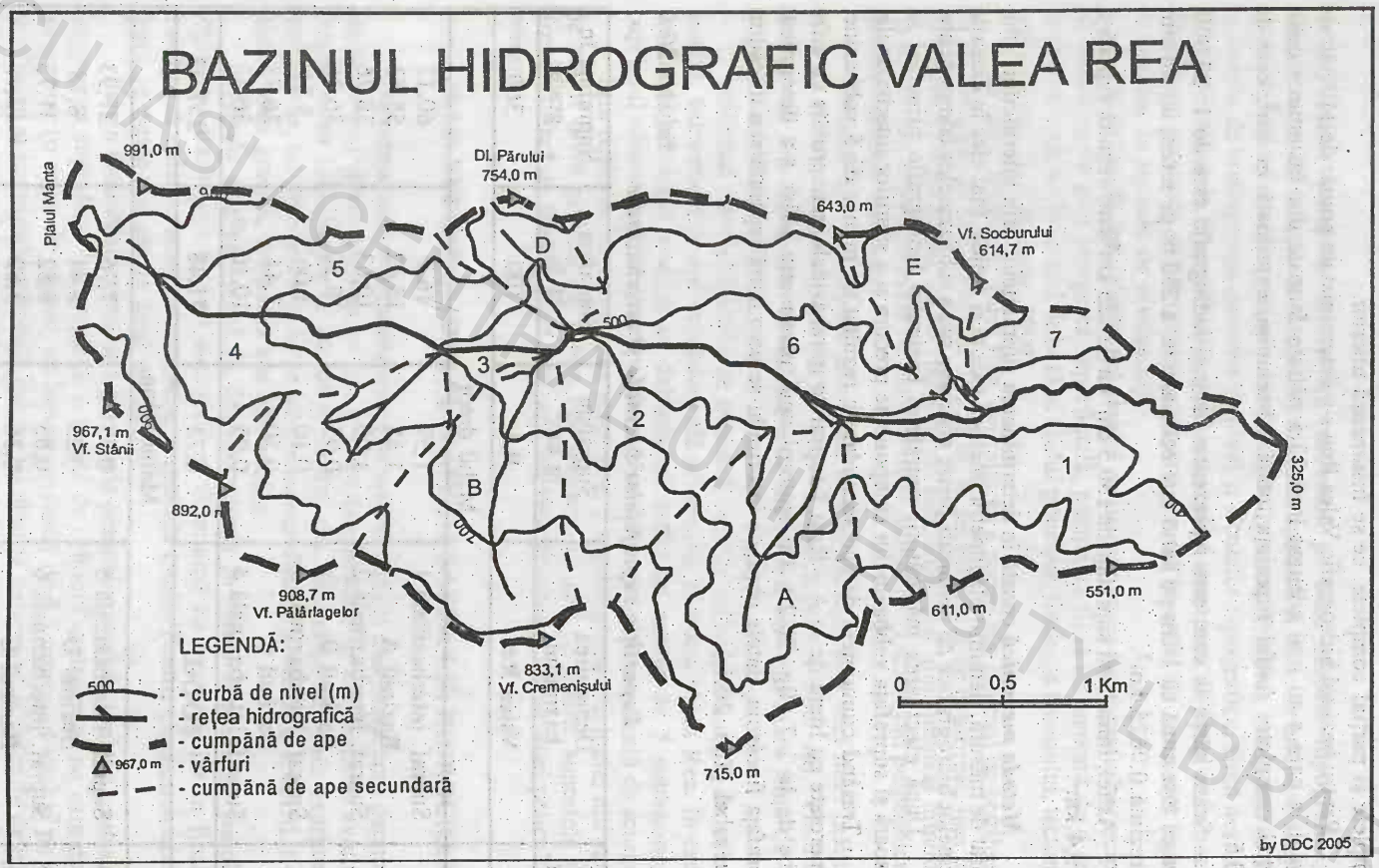


Figura 20.2. *Harta bazinului hidrografic Valea Rea cu delimitarea subbazinelor (A, B, C, D, E) și a suprafețelor interbazinale(1 – 7)*

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru determinarea valorii procentuale a fiecărei suprafeţe bazinale şi interbazinale, se apelează la formula: $f\% = \frac{f \cdot 100}{F}$, unde f – suprafaţa subbazinală sau intrabazinală; F – suprafaţa totală bazinală; f % - suprafaţa totală bazinală exprimată în procente.

De asemenea putem determina şi valoarea fiecărei suprafeţe exprimate în grade, pentru a putea apoi reprezenta suprafeţele ce alcătuiesc bazinul sub forma unui grafic circular. În acest caz formula de calcul ce trebuie aplicată este:

$$f^0 = \frac{f\% \cdot 360}{100}$$

unde f^0 – suprafaţa exprimată în grade.

Graficul circular va conţine suprafeţele corespunzătoare fiecărui mal care la rândul lor vor fi formate din suprafeţele interbazinale şi subbazinale proprii (fig. 20.3.). Astfel se observă cu uşurinţă că malul drept are o extindere mai mare decât cel stâng şi că suprafeţele interbazinale însumează aproximativ 60% din suprafaţa bazinului, fapt ce are o mare însemnătate în desfăşurarea proceselor hidrologice în bazin.

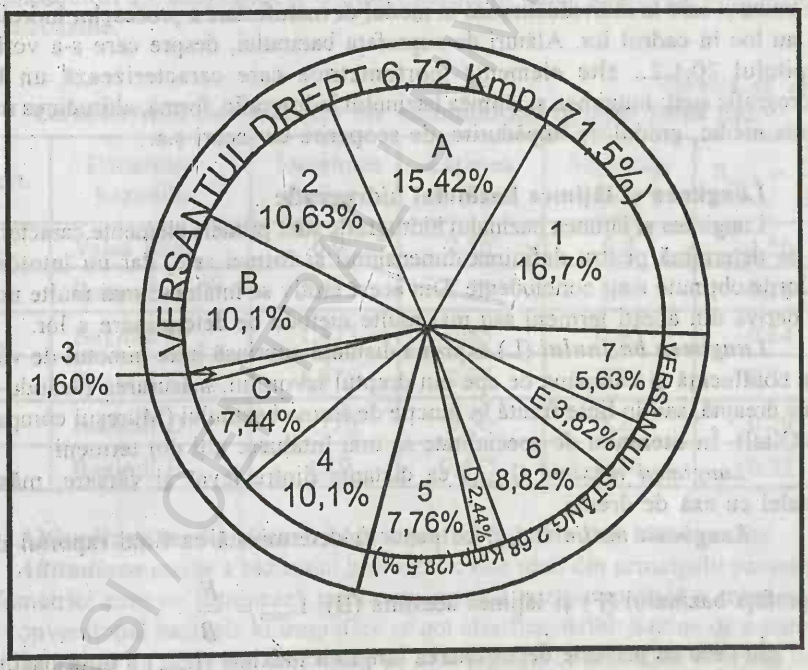


Figura 20.3. *Graficul circular cu repartiţia suprafeţelor bazinale şi interbazinale.*

Gradul de asimetrie a bazinului hidrografic

Pe baza cunoaşterii suprafeţelor celor doi versanţi principali ai bazinului se determină gradul de asimetrie a bazinului hidrografic, ce ilustrează dezvoltarea diferită în suprafaţă a celor doi versanţi. Se exprimă cantitativ cu ajutorul coeficientului de asimetrie (a):

$$a = \frac{2(Fdr - Fst)}{F},$$

unde:

Fdr. – suprafaţă versant drept (km^2); Fstg. – suprafaţă versant stâng (km^2); F - suprafaţă totală bazin (km^2).

În cazul bazinului Valea Rea,

$$a = \frac{2(6,72 - 2,68)}{9,4} = 0,85$$

Acest coeficient oferă posibilitatea aprecierii resurselor de apă cu care contribuie cei doi versanţi, fiind evident influenţat de mărimea lor, dar şi de poziţia cursului principal de apă şi a cumpenei de ape.

20.1.3. CARACTERISTICI MORFOMETRICE ALE BAZINULUI HIDROGRAFIC

Bazinele hidrografice se definesc prin anumite caracteristici care le face să fie unice şi care le individualizează în modul de manifestare a proceselor hidrologice ce au loc în cadrul lor. Alături de suprafaţa bazinului, despre care s-a vorbit în capitolul 20.1.2., alte elemente morfometrice care caracterizează un bazin hidrografic sunt: lungimea şi lăţimea bazinului hidrografic, forma, altitudinea medie, panta medie, gradul de împădurire, de acoperire cu lacuri ş.a.

Lungimea şi lăţimea bazinului hidrografic

Lungimea şi lăţimea bazinului hidrografic sunt primele elemente caracteristice ce se determină pentru definirea dimensiunii şi formei sale, dar nu întotdeauna valorile obţinute sunt concludente. Din acest motiv se întâlnesc mai multe noţiuni ce derivă din aceşti termeni sau mai multe metode de determinare a lor.

Lungimea bazinului (L) exprimă distanţa cuprinsă între punctul de vărsare sau confluenţă şi cumpăna de ape din dreptul izvorului, măsurarea făcându-se în linie dreaptă, sau în linie frântă în funcţie de forma bazinului (Mureşul comparativ cu Oltul). În literatura de specialitate se mai întâlnesc alţi doi termeni:

- *Lungimea maximă* (L_{max}) ca distanţa dintre izvor şi vărsare, măsurată paralel cu axa de drenaj.
- *Lungimea medie* (L_{med}) ce poate fi determinată ca fiind raportul dintre suprafaţa bazinului (F) şi lăţimea acestuia (B): $L_{med} = \frac{F}{B}$.

În ceea ce priveşte determinarea lungimii maxime (L_{max}) a unui bazin s-au propus mai multe metode, în funcţie de forma regulată sau neregulată a acestuia.

În 1932, R. E. Horon arată că lungimea bazinului reprezintă distanţa de la gura de vărsare la un punct de pe cumpăna de ape situat pe direcţia izvorului râului principal. A apărut contra-argument că această metodă este dificil de aplicat în cazul bazinelor foarte asimetrice, datorită apariţiei unor afluenţi mai lungi decât cursul principal (E. D. Ongley, 1968).

S. A. Schumm (1956) consideră că lungimea maximă a bazinului trebuie să se măsoare paralel cu linia principală de drenaj.

T. Morariu, I. Pişota şi I. Buta (1962) definesc lungimea bazinului tot ca distanţa de la gura de vărsare până la punctul cel mai îndepărtat al bazinului, situată pe direcţia cursului de apă.

Cea din urmă metodă a fost aplicată şi în determinarea lungimii bazinului Valea Rea şi a subbazinelor sale componente, deoarece acestea prezintă o formă relativ regulată care nu implică probleme speciale. Măsurătorile s-au efectuat pe hartă, la scara 1: 25.000, obţinându-se valorile iniţial în cm care apoi au fost transformaţi în km. Pe schiţa bazinului hidrografic s-au trasat în linie dreaptă lungimile maxime ale tuturor bazinelor (fig. 20.4.). Pentru bazinul principal lungimea segmentului este de 24 cm, ceea ce la o scară de 1: 25.000 înseamnă 6000 m sau 6 km. În acelaşi mod s-au efectuat şi celelalte măsurători.

Lăţimea bazinului (B) poate fi considerată ca lăţime maximă, sau medie. Lăţimea maximă corespunde dreptei trasate aproximativ perpendicular pe lungimea maximă între cele mai îndepărtate puncte de pe cumpăna de ape. Lăţimea medie B_{med} se determină ca raport între suprafaţa bazinului (F) şi lungimea acestuia (L):

$$B_{med} = F/L.$$

În cazul bazinului hidrografic Valea Rea, lăţimea maximă este de 2,56 km, iar cea medie, de 1,56 km. În tab. nr. 20.2. sunt prezentate valorile determinate prin măsurători ale lungimilor şi lăţimilor bazinului Valea Rea şi ale principalelor sale subbazine.

Tabelul nr. 20.2.

Caracteristici morfometrice ale bazinului hidrografic Valea Rea

Nr.crt.	Denumirea bazinului	Lungimea L (km)	Lăţimea B (km)	Suprafaţa F (km^2)	$B_{med} = \frac{F}{L}$
1.	Valea Rea	6,0	2,56	9,4	1,56
2.	Bazinul A	2,575	1,25	1,45	0,56
3.	Bazinul B	1,475	0,85	0,95	0,64
4.	Bazinul C	1,375	0,75	0,70	0,51
5.	Bazinul D	0,775	0,50	0,23	0,29
6.	Bazinul E	1,10	0,475	0,36	0,32

Altitudinea medie şi curba hipsografică a bazinului hidrografic.

Altitudinea medie a bazinului hidrografic este unul din principalii parametrii morfometrici care ne furnizează informaţii privind poziţia spaţială a acestuia. În mod convenţional bazinele hidrografice se pot clasifica astfel: bazine de munte cu altitudini medii de peste 800 m; bazine de deal şi podiş cu altitudini cuprinse între 500 - 800 m şi bazine de câmpie cu altitudini sub 300 m.

Altitudinea medie are semnificaţii hidrologice importante datorită faptului că aceasta condiţionează distribuţia cantitativă a precipitaţiilor, evapotranspiraţiei, coeficientului de scurgere cât şi a pantei (Diaconu, 1966). Astfel, altitudinea medie a bazinelor şi proceselor hidrologice ce au loc în cadrul lor precum scurgerea lichidă, de aluviuni şi regimul termic şi de îngheţ sunt într-o strânsă corelaţie.

În funcţie de mărimea bazinului hidrografic altitudinea medie se poate determina în două moduri:

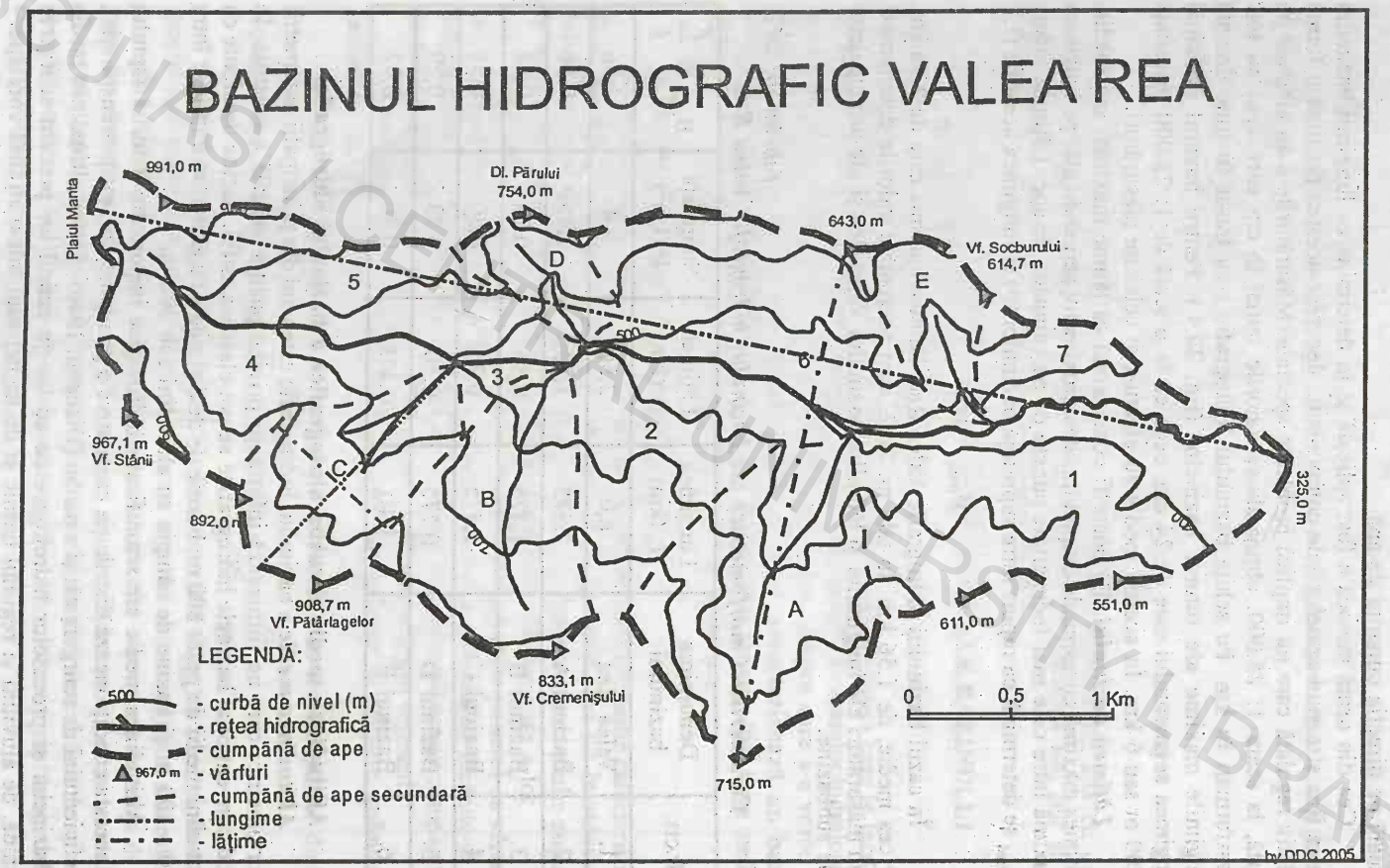


Figura 20.4. *Determinarea lungimii şi lăţimii bazinului hidrografic principal şi a celor secundare*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Primul este valabil pentru bazine hidrografice cu suprafeţe mici şi cu diferenţe altitudinale reduse între punctele altitudinale extreme. Metoda constă în efectuarea mediei aritmetice dintre altitudinea maximă (H_{max}) şi minimă (H_{min}) a bazinului:

$$H_{med} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Pentru bazine cu suprafeţe mari, cu o reţea hidrografică bine dezvoltată, se utilizează metoda mediei ponderate a altitudinii medii cu suprafaţa căreia îi corespunde. Această metodă este mult mai precisă dar are dezavantajul că necesită un volum mare de lucru.

Formula de calcul se prezintă sub forma:

$$\frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + ... f_n h_n}{F} = \frac{\Sigma f_i h_i}{F}$$

unde: f_1 ...f_n sunt suprafeţele dintre curbele de nivel, h_1...h_n reprezintă semisuma altitudinii celor două curbe vecine ce delimitează o suprafaţă f_i, iar F este suprafaţa totală a bazinului.

Pentru aplicarea metodei mediei ponderate a fost necesar să se determine în prealabil datele referitoare la suprafaţa şi înălţimea medie cuprinsă între curbele de nivel redate în harta topografică a bazinului (tabelul 20.3.).

Tabelul nr. 20.3.

Datele necesare calculului altitudinii medii a bazinului hidrografic Valea Rea

Nr. crt.	Curbele de nivel (m)	Înălţimea medie dintre curbele de nivel h_i (km)	Suprafaţa dintre curbele de nivel f_i (km^2)	$H_i f_i$ (km^3)
1.	979			
		0,939	0,10	0,093
2.	900			
		0,850	0,88	0,748
3.	800			
		0,750	1,50	1,125
4.	700			
		0,650	2,70	1,755
5.	600			
		0,550	1,94	1,067
6.	500			
		0,450	1,62	0,729
7.	400			
		0,362	0,66	0.239
8.	325			
			Σ 9,4	Σ 5,75

Pentru calcularea altitudinii medii în cazul suprafeţelor extreme ale bazinului se consideră drept curbă de nivel punctul cu cea mai mică, respectiv cea mai mare, altitudine. De exemplul în cazul suprafeţei cu altitudine maximă s-a efectuat media aritmetică a valorilor celor mai înalte vârfuri ($\frac{991,1+967,1}{2}=979,1m$) între care s-a efectuat media cu valoarea ultimei curbe de nivel (900 m) rezultând o altitudine medie a suprafeţei de 939 m. La extrema cealaltă s-a efectuat media între valoarea curbei (400 m) şi cea a punctului de vărsare (325 m) rezultând o altitudine de 362 m (fig. 20.5.).

$$H_{med}=\frac{\Sigma f_i h_i}{F}=\frac{5,756km^3}{9,4km^2}=0,612 \text{ km} = 612 \text{ m}$$

Aşadar, altitudinea medie a bazinului hidrografic Valea Rea este de 612 m. În cazul în care s-ar fi apelat la prima variantă de calcul, acesta ar fi fost de 658 m, adică cu aproximativ 7,5% mai mare. În acest caz abaterea nedepăşind ±10% ambele rezultate se pot considera corecte. Diferenţele se datorează schimbării pantei în lungul bazinului de la izvor la vărsare, bazinul având 75% din suprafaţă la o altitudine de sub 700 m.

Analiza mai detaliată a altitudinilor unui bazin hidrografic se realizează pe baza ***curbei hipsografice a bazinului***. Aceasta este o reprezentare a modului de distribuţie a suprafeţei bazinului hidrografic pe trepte altimetrice. Prin efectuarea acestei analize putem evidenţia extensia unui sector de bazin peste o anumită formă sau treaptă de relief. Ea este uşor de construit în cazul în care s-a determinat altitudinea medie dintre curbele de nivel. Histograma are trecută în ordonată altitudinile, iar în abscisă suprafeţele parţiale.

Înainte de a trece la realizarea curbei hipsografice vom înscrie datele rezultate în urma măsurătorilor într-un tabel (tab. 20.4.).

Tabelul nr. 20.4.

Valorile suprafeţei bazinului Valea Rea repartizate pe trepte de altitudine

Nr. crt.	Curbele de nivel (m)	Suprafaţa		Cumularea suprafeţei de la izvor la vărsare	
		km^2	%	km^2	%
1.	900-979	0,10	1,06	0,10	1,06
2.	800-980	0,88	9,36	0,98	10,4
3.	700-800	1,50	15,95	2,48	26,40
4.	600-700	2,70	28,72	5,18	55,10
5.	500-600	1,94	20.63	7,12	75,7
6.	400-500	1,62	17,23	8,74	92,0
7.	325-400	0,66	7,02	9,40	100

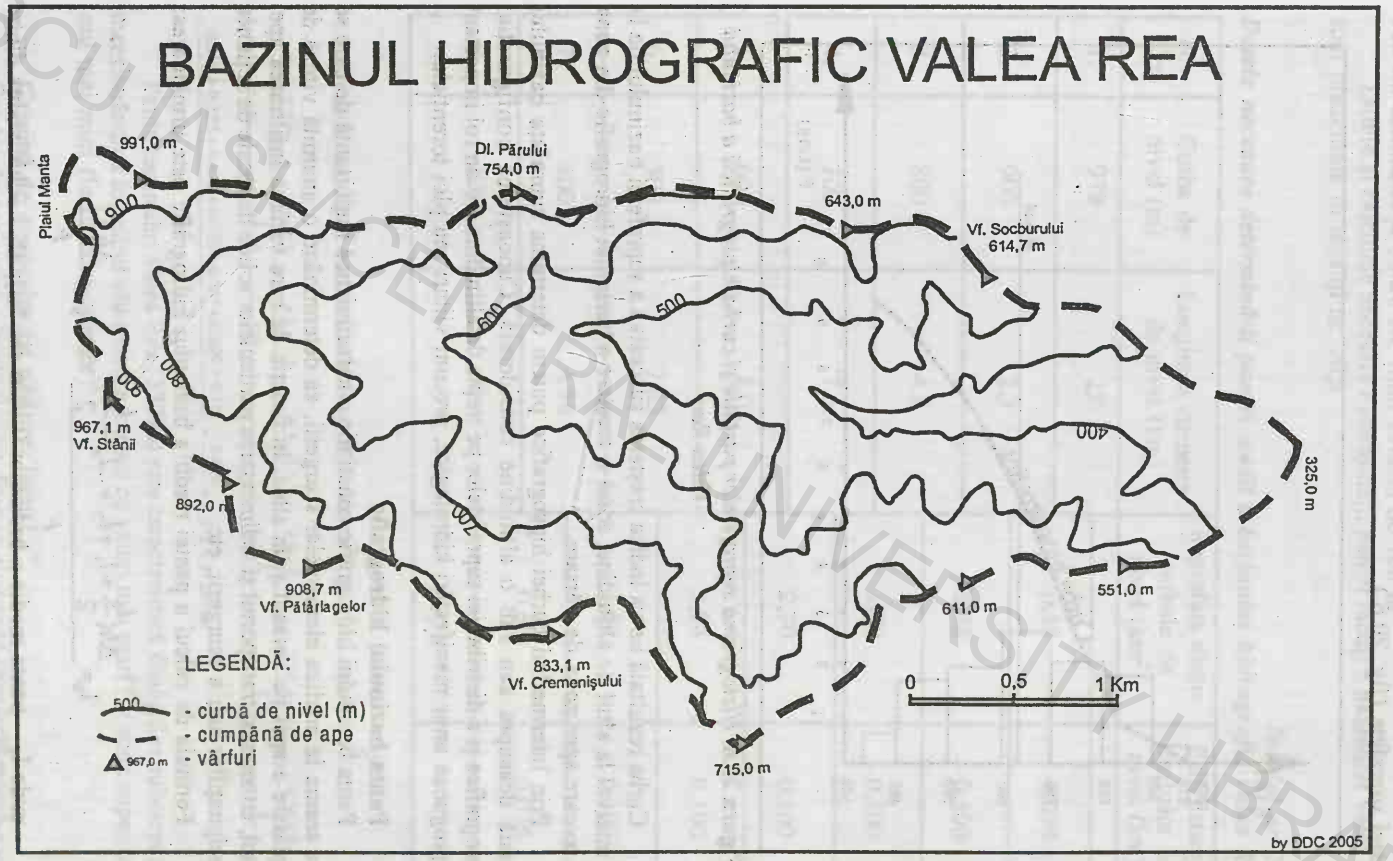


Figura 20.5. *Bazinul Valea Rea şi principalele curbe de nivel utilizate pentru determinarea* altitudinii medii şi pantei medii a bazinului hidrografic

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fiecare suprafață cuprinsă între două curbe de nivel va fi înscrisă pe ordonată în dreptul cifrei care indică cota curbei de nivel, iar pe abscisă se va reda valoarea acestei suprafețe (fig. 20.6.).

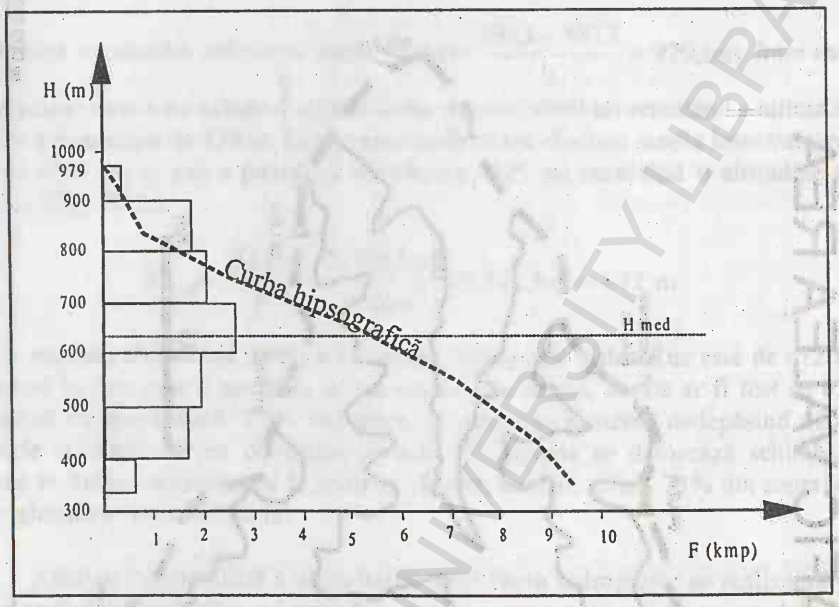


Figura 20.6. *Histograma suprafețelor parțiale și curba hipsografică a bazinului Valea Rea*

Curba rezultată ne va indica creşterea succesivă a suprafeței bazinului de la un interval la altul de altitudine, adică o creştere a bazinului hidrografic din zona de izvoare spre zona de vărsare.

Prin intermediul curbei hipsografice putem determina suprafața bazinului situată deasupra sau sub o altitudine considerată. Cunoaşterea configurației hipsografice şi a distribuției suprafețelor pe trepte de altitudine are un rol important în prognoza unor manifestări hidrologice, precum viituri sau ploi torențiale.

Panta bazinului hidrografic

Panta bazinului hidrografic constituie o caracteristică importantă de care se ține seama la analiza elementelor scurgerii, ea determinând o anumită viteză de deplasare a apei pe versant şi în albie, în funcție de care variază înfiltrarea apei în sol, eroziunea, transportul şi sedimentarea particulelor solide dislocate de acțiunea precipitațiilor sau a scurgerii, etc.

Formula de calcul a pantei medii a bazinului hidrografic este următoarea:

$$I_b = \frac{\Delta h(\frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + ... l_n + \frac{l_n}{2})}{F} \text{ sau } I_b = \frac{\Delta h . \Sigma l}{F}$$

unde I_b – panta medie a bazinului (m/km sau ‰); Δh - echidistanța dintre curbele de nivel (m); $l_0 ... l_n$ lungimea principalelor curbe de nivel alese (m); F – suprafața bazinului (km^2).

Pentru determinarea pantei în cazul bazinului hidrografic Valea Rea s-au determinat lungimea curbelor de nivel cu altitudini de 400, 500, 600, 700, 800 şi 900 m, echidistanţa dintre ele fiind evident de 100 m.

Datele şi calculele necesare determinării pantei medii a bazinului Valea Rea sunt prezentate în tabelul nr. 20.5.

Tabelul nr. 20.5.

Datele necesare determinării pantei medii a bazinului hidrografic Valea Rea

Nr. Crt.	Curbe de nivel (m)	Lungimea curbelor de nivel (km)	Suprafaţa dintre curbele de nivel (km^2)	Echidistanţa curbelor de nivel (km)
1.	979	2,6		
			0,10	0,079
2.	900	2,3		
			0,88	0,100
3.	800	4,8		
			1,50	0,100
4.	700	7,5		
			2,70	0,100
5.	600	8,0		
			1,94	0,100
6.	500	7,62		
			1,62	0,100
7.	400	4,56		
			0,66	0,075
8.	325	0		
			Σ=9,4	

Panta medie a bazinului hidrografic Valea Rea este aşadar:

$$I_b = \frac{\frac{2.6+2.3}{2}\cdot 0.079 + \frac{2.3+4.8}{2}\cdot 0.1 + \frac{4.8+7.5}{2}\cdot 0.1 + \frac{7.5+8.0}{2}\cdot 0.1 + \frac{8.0+7.62}{2}\cdot 0.1 + \frac{7.62+4.56}{2}\cdot 0.1 + \frac{4.56+0}{2}\cdot 0.075}{9.4}$$

$$= \frac{0.193+0.355+0.615+0.775+0.781+0.609+0.171}{9.4} = \frac{3.499}{9.4} = 0.372 = 372o/oo$$

Panta bazinului Valea Rea (372‰) este caracteristică dealurilor subcarpatice, menţionând că în cadrul său există sectoare cu valori mai mari (în zona superioară) sau mai mici (în bazinul inferior).

Gradul de acoperire cu pădure, lacuri

Gradul de acoperire a bazinului cu diverse elemente care acţionează asupra regimului scurgerii în cadrul său este bine să fie cunoscut pentru a avea o imagine

completă asupra factorilor ce influențează scurgerea într-un bazin hidrografic. Dintre aceştia cei mai importanţi sunt pădurea, lacurile, suprafeţe impermeabile (rocă la zi sau suprafeţe betonate) etc.

În cadrul bazinului hidrografic se determină pentru exemplificare ***coeficientul de împădurire*** care ne indică în ce proporţie bazinul este acoperit cu pădure. Astfel se calculează suprafaţa pădurilor (F_{pad}) şi se raportează la suprafaţa totală a bazinului (F).

$$C_p = \frac{F_{pad.}}{F} 100(\%)$$

În cadrul bazinului hidrografic Valea Rea, suprafaţa acoperită cu pădure este foarte extinsă, însumând în total 7,77 km^2 fiind distribuită în linii mari începând din partea mijlocie a versanţilor în sus.

$$C_p = \frac{7{,}77}{9{,}4} 100 = 82{,}7\%$$

Gradul mare de împădurire dă o bună stabilitate versanţilor, o bună protecţie a solului precum şi o reacţie ponderată în manifestarea viiturilor în bazin.

20.2. CARACTERISTICI MORFOMETRICE ALE REŢELEI HIDROGRAFICE

În capitolul 11 a fost definită reţeua hidrografică şi s-au prezentat elementele sale caracteristice (capitolul 11.3). Aşa cum s-a menţionat, principalele elemente care caracterizează reţeaua hidrografică (numite elemente morfometrice) sunt: lungimea cursurilor de apă, coeficientul de sinuozitate, panta şi profilul longitudinal, densitatea.

Lungimea râurilor (L) este distanţa, exprimată în km, de la izvor la vărsare. Pe hărţi ea se determină cu ajutorul unui curbimetru sau cu un distanţier, ţinând cont de scara hărţii respective. Problema se iveşte în stabilirea cu exactitate a izvorului arterei hidrografice, fiindcă acesta se poate prezenta sub forma a mai multe izvoare, a unui lac, mlaştină sau gheţar.

Cu toate acestea, lungimea râului este un important parametru, des utilizat în sintezele hidrologice şi care este bine de ştiut cu o bună precizie.

Coeficientul de sinuozitate (C_s) reprezintă raportul dintre lungimea reală sau a proiecţiei cartografice (Lr) şi lungimea în linie dreaptă (Ld) între izvor şi vărsare sau între două puncte alese arbitrar. Valoarea coeficientului este mereu supraunitară:

$$C_s = \frac{Lr}{Ld} \geq 1.$$

În cadrul bazinului hidrografic Valea Rea lungimea râurilor a fost determinată cu compasul distanţier (cu o deschidere de 5 mm). Pârâul Valea Rea are o lungime de 7,12 km (Tab. 20.6.).

Tabelul nr. 20.6.

Valorile coeficientului de sinuozitate (C_s) în bazinul Valea Rea

Nr. crt.	Denumirea râului	L_r	L_d	C_s
1.	Valea Rea	7,12	5,95	1,19
2.	A	1,25	1,17	1,06
3.	B	1,50	1,35	1,11
4.	C	0,75	0,67	1,15
5.	D	0,68	0,65	1,04
6.	E	0,68	0,62	1,09

L_d = lungimea în linie dreaptă a râului, în km; L_r = lungimea reală a râului; C_s = lungimea în linie dreaptă a râului în km.

Valorile coeficientului de sinuozitate variind între 1,06 şi 1,19 indică cursuri relativ drepte, slab meandrate, dată fiind poziţia sa altitudinală, mărimea bazinului, dar şi caracteristicile litologice, panta şi stadiul de evoluţie a bazinului.

Schema reţelei hidrografice crează o imagine sintetică a sistemului de drenaj având în vedere lungimea cursului principal, poziţia confluenţelor şi unghiul dintre acestea. Pentru a fi şi mai reprezentativă se pot poziţiona şi alte obiective importante precum căi ferate, localităţi etc.

Pentru realizarea schemei hidrografice a pârâului Valea Rea s-au determinat lungimile principalelor cursuri de apă şi distanţele de la gura de vărsare a râului colector până la confluenţele cu afluenţii consideraţi (Tab. 20.7.) şi s-au reprezentat grafic, la o scară ce se stabileşte în funcţie de preferinţe (fig. 20.7.).

Tabelul nr. 20.7.

Lungimile caracteristice ale reţelei hidrografice din bazinul Valea Rea

Nr. crt.	Denumirea râului	L(Km)	Distanţa de la gura la vărsare (km)	Malul
1.	Valea Rea	7,12	0	-
2.	E	0,68	1,77	Stâng
3.	A	1,25	2,58	Drept
4.	D	0,68	4,15	Stâng
5.	B	1,50	4,27	Drept
6.	C	0,75	4,87	Drept

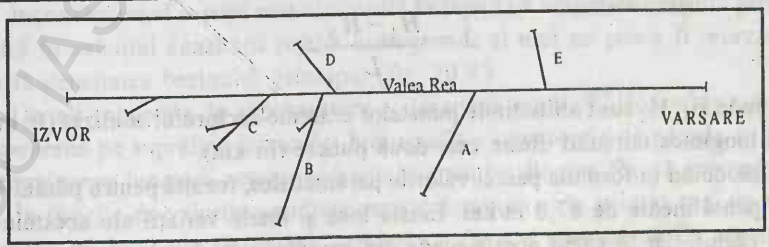


Figura **Fig. 20.7.** *Schema hidrografică a pârâului Valea Rea (Scara 1:50000)*

Profilul longitudinal reprezintă configurația în plan a lungimii cursului principal, rezultată din reprezentarea unei succesiuni de puncte ale talvegului, ale căror coordonate sunt altitudinea și distanța de la izvor sau vărsare (fig. 20.8.). Cunoașterea acestora ajută la efectuarea de aprecieri privind gradul de evoluție a profilului (concavități mici la râurile tinere și mai mari la cele evoluate).

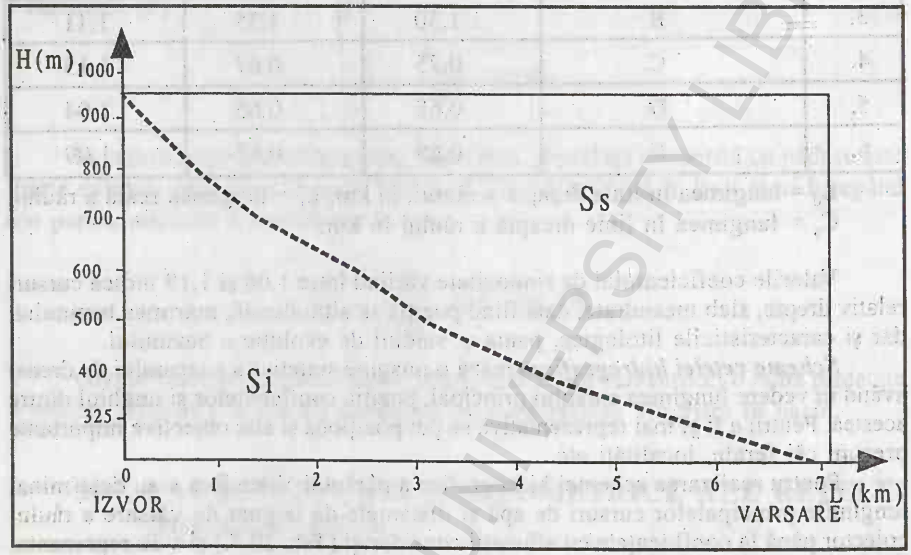


Fig. 20.8. *Profilul longitudinal al pârâului Valea Rea (scara 1: 50.000) (S_s – mărimea suprafeței superioare; S_i - mărimea suprafeței inferioare)*

Pentru aprecierea formei profilului longitudinal se poate folosi formula de tipul: $I_p = S_s/S_i$.

Dacă $I_p > 1$ profilul are o formă concavă și râul se află într-un stadiu avansat de evoluție, iar dacă $I_p < 1$ profilul este convex și caracterizează un relief tânăr iar dacă $I_p = 1$ profilul este drept ca o diagonală a dreptunghiului ce-îl încadrează.

Tot prin intermediul profilului longitudinal se pot identifica sectoarele cu pante mai mari sau mai mici sau se pot determina pantele râului între anumite puncte de pe cursul său. Valorile obținute se exprimă în m/km sau ‰ și pot furniza informații privind viteza apei, puterea de eroziune, gradul de infiltrație etc.

Panta râului (I) se poate calcula cu ajutorul formulei:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L},$$

unde H_1, H_2 sunt altitudinile punctelor extreme sectorului analizat (în m), iar L este lungimea cursului dintre cele două puncte (în km).

Înlocuind în formula pantei valorile parametrilor, rezultă pentru pârâul Valea Rea o pantă medie de 87,0 m/km. Există însă și unele variații ale acesteia de-a lungul râului, dar în cazul acesta scade din amonte spre aval lucru dovedit și de gradul de meandrare mare întâlnit în sectorul inferior al pârâului.

Densitatea reţelei hidrografice se determină cunoscând lungimea reţelei de râuri care drenează un bazin hidrografic dat (ΣL) şi suprafaţa acestuia (F). Este un parametru morfometric important ce oferă informaţii asupra resurselor de apă, energiei de relief etc. Aceasta este în funcţie de altitudinea la care este situat bazinul, condiţiile climatice, litologice, panta versanţilor, grad cu acoperire cu vegetaţie.

Formula generală de determinare a densităţii reţelei hidrografice dintr-un bazin hidrografic este:

$$D = \frac{\Sigma L}{F} \text{ km/km}^2$$

În funcţie de gradul de detaliere pe care îl urmărim putem deosebi o densitate a reţelei hidrografice (dacă determinăm doar lungimea cursurilor de apă permanente) şi o densitate de drenaj (în acest caz se adaugă şi lungimea tuturor formelor de relief negativ ce pot concentra scurgerea lichidă – Zăvoianu, 1978).

În cazul pârâului Valea Rea, după măsurarea lungimii reţelei hidrografice permanente s-a determinat o valoare a densităţii de 1,27 km/km^2, iar în cadrul său avem valori de la 0,86 km/km^2 în cazul subbazinului A până la 2,95 km/km^2 în cazul subbazinului D (tab. 20.8.).

Tabelul nr. 20.8.

Densitatea reţelei hidrografice din bazinul Valea Rea

Nr. crt.	Denumirea bazinului	Lungimea reţelei L (km)	Suprafaţa bazinului F (km^2)	Densitatea reţelei hidrografice D (km/km^2)
1.	Valea Rea	11,98	9,40	1,27
2.	Bazinul A	1,25	1,45	0,86
3.	Bazinul B	1,50	0,95	1,57
4.	Bazinul C	0,75	0,70	1,07
5.	Bazinul D	0,68	0,23	2,95
6.	Bazinul E	0,68	0,36	1,88

Inconvenientul acestei metode constă în faptul că lungimea cursului principal nu intră în calculul densităţii reţelei hidrografice şi nici nu poate fi reprezentată pe hartă densitatea bazinului principal (fig. 20.9.).

Un alt procedeu de reprezentare a densităţii reţelei hidrografice constă în suprapunerea pe suprafaţa bazinului hidrografic a unei reţele de pătrate de 1 km^2 şi determinarea lungimii reţelei hidrografice pentru fiecare figură geometrică în parte. În funcţie de valorile rezultate se stabileşte, ca şi în primul caz, un sistem de clasare pe intervale de valori, urmând ca fiecare interval să fie reprezentat distinct printr-o haşură sau culoare (fig. 20.10.).

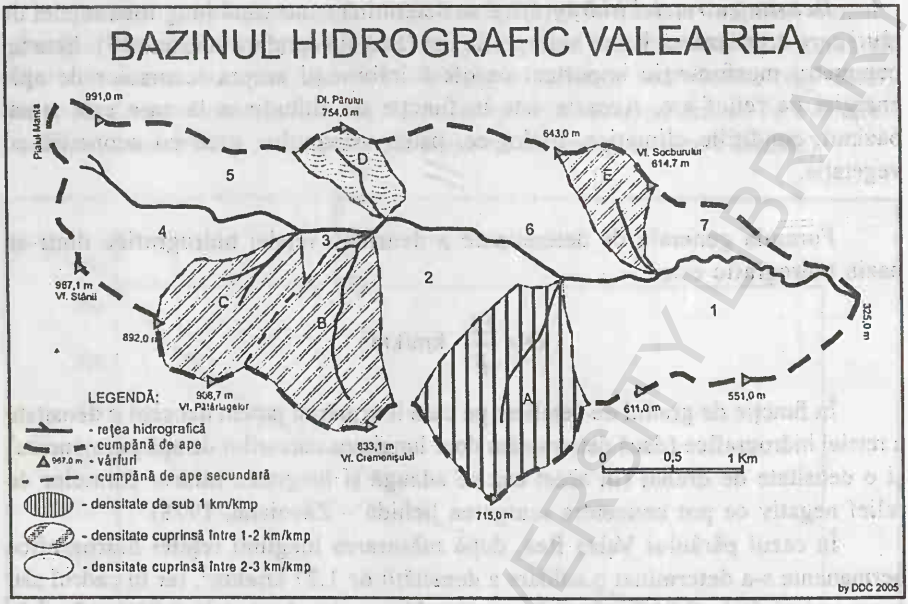


Fig. 20.9. *Harta densității rețelei hidrografice în bazinul hidrografic Valea Rea*

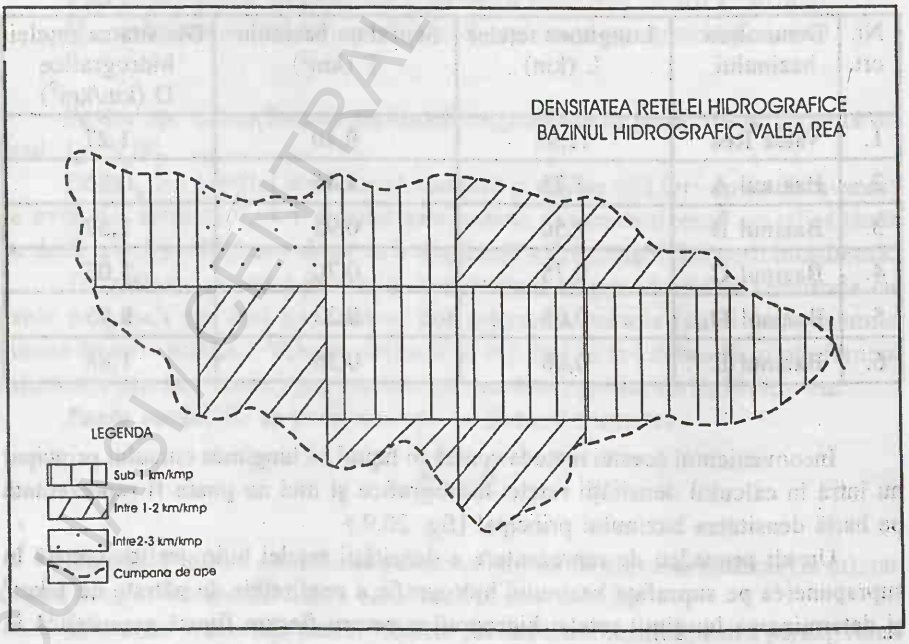


Fig. 20.10. *Harta densității rețelei hidrografice din bazinul Valea Rea (metoda pătratelor)*

BCU "Ovidius" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

20.3. MĂSURAREA VITEZEI APEI ŞI A DEBITULUI LICHID CU AJUTORUL MORIŞTII HIDROMETRICE

Metodologia de determinare a vitezei apei şi a debitului lichid cu ajutorul moriştii hidrometrice a fost prezentată succint în capitolele 13.1 şi 15.1.1. În continuare aceste aspecte vor fi expuse mai detaliat.

Pentru stabilirea debitului de apă al unui râu într-o secţiune este necesară determinarea suprafeţei secţiunii de curgere şi a vitezei curentului de apă. În cazul măsurării vitezei cu morişca hidrometrică se parcurg mai multe etape ce implică determinarea unor elemente necesare calculului final al debitului:

- nivelul apei la care se raportează debitul măsurat;
- suprafaţa totală a secţiunii apei în profil transversal, precum şi părţile ei active şi inactive, pentru a căror determinare sunt necesare: adâncimile medii ale apei şi adâncimile active în verticalele de sondaj, distanţele dintre aceste verticale şi secţiunile totale de apă şi active dintre verticale; se determină, de asemenea, şi caracteristicile hidraulice ale secţiunii de curgere a apei;
- vitezele punctuale şi vitezele medii pe verticalele de viteză şi în suprafeţele dintre verticalele de viteză;
- debitele parţiale dintre verticalele de viteză şi/sau debitele pe unitatea de lăţime de albie (1 m) prin însumarea cărora rezultă debitul apei pe toată secţiunea de curgere.

a. Calculul nivelului apei din timpul măsurătorilor de debit. Determinarea nivelului la care se va raporta ulterior valoarea debitului de apă este necesară în primul rând pentru urmărirea variaţiei acestuia în timpul măsurătorii şi apoi pentru întocmirea cheii limnimetrice specifice postului hidrometric respectiv.

Situaţiile cel mai des întâlnite sunt în primul rând un nivel constant pe toată durata de măsurare, notându-se valoarea nivelului citit la miră; în cazul când nivelul a variat în limite foarte mici, valoarea de calcul se va determina ca o medie aritmetică a citirilor de la începutul şi sfârşitul măsurătorii: $H_{med}= (H_i+H_f)/2$. Cea de-a treia situaţie este atunci când nivelul a variat sensibil în timpul măsurătorii, iar nivelurile s-au citit şi notat o dată cu măsurarea vitezelor în fiecare verticală de viteză. În acest caz, nivelul de calcul se determină prin media ponderată a nivelurilor din verticalele de viteză cu debitele parţiale aferente verticalelor de viteză:

$$H_{med} = \frac{b_1 \cdot q_1 \cdot H_1 + b_2 \cdot q_2 \cdot H_2 + ..b_n \cdot q_n \cdot H_n}{b_1 \cdot q_1 + b_2 \cdot q_2 + ..b_n \cdot q_n},$$

unde:

H_i – nivelul apei (cm); q_i – debitul apei pe unitatea de lăţime; b_i – lăţimea din secţiunea aferentă verticalei.

b. Calculul adâncimilor medii ale verticalelor de sondaj. Se efectuează media aritmetică a adâncimilor măsurate la dus şi la întors în fiecare verticală de sondaj.

Adâncimea activă, se determină de ex. în cazul podului de gheaţă, prin efectuarea diferenţei dintre adâncimea măsurată şi grosimea gheţii scufundate.

Suprafaţa secţiunii de apă între verticalele de sondaj se determină cunoscând valoarea adâncimii şi distanţa dintre verticalele de sondaj, prin asimilarea

suprafeţelor delimitate de verticalele de sondaj cu unele figuri geometrice (triunghi, dreptunghi, trapez, ale căror formule de calcul al suprafeţei sunt cunoscute.

Suprafaţa secţiunii cuprinse între verticalele de viteză se determină prin însumarea suprafeţelor active dintre verticalele de sondaj cuprinse între verticalele de viteză.

Suprafaţa totală activă însumată cu suprafaţa totală inactivă alcătuiesc împreună suprafaţa totală a secţiunii de măsurare.

În afară de suprafaţă, secţiunea de măsurare mai prezintă o serie de caracteristici care influenţează scurgerea şi care constituie parametrii hidraulici ai secţiunii (a se vedea 12.2.2.). Aceştia includ:

- *Lăţimea oglinzii apei* (B) este distanţa orizontală din profilul transversal cuprinsă între cele două maluri.
- *Adâncimea maximă* (h_{max}) este cea mai mare adâncime ditre verticalele de sondaj efectuate.
- *Adâncimea medie* (h_{med}) se determină prin raportul dintre suprafaţa totală a secţiunii transversale (Ω) şi lăţimea râului (B): $h_{med} = \Omega/B$ (m).
- *Perimetrul udat* (P) este lungimea liniei patului albiei malurilor secţiunii aflate sub oglinda suprafeţei apei. Se determină ca sumă a ipotenuzelor triunghiurilor dreptunghice care au o catetă egală cu diferenţa dintre adâncimile a două verticale vecine, iar cealaltă catetă egală cu distanţa dintre verticale:

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + ... + \sqrt{b_{n+1}^2 + h_n^2},$$

unde:

$b_1...b_n$ – distanţa dintre verticale (m), iar $h_1...h_n$ – adâncimea verticalelor de viteză.

- *Raza hidraulică* (R) este de natura unei lungimi, reprezentând un strat uniform de apă repartizat pe conturul secţiunii şi se determină ca raportul dintre suprafaţa udată activă şi perimetrul udat: $R = \Omega/P$ (m).

a. Calculul vitezei punctuale pentru fiecare punct de pe verticalele în care s-au măsurat vitezele apei se desfăşoară astfel:

- mai întâi se determină suma învârtiturilor paletei în timpul cronometrat; pentru aceasta se înmulţeşte numărul intervalelor de timp dintre semnalele cronometrate cu numărul de rotiri ale paletei între două semnale (20);
- se calculează apoi numărul de învârtituri pe secundă, împărţind suma învârtiturilor la numărul total de secunde cronometrat;
- se introduce numărul de rotaţii (învârtituri) pe secundă efectuate de paleta moriştii, în formula moriştii hidrometrice, care este de forma:

$$V = V_o + K \cdot n,$$

în care: V_o = viteza minimă necesară curentului de apă pentru a roti elicea; K = constantă de etalonare; n = numărului de rotaţii pe secundă ale paletei.

Pe baza vitezelor punctuale se determină ***viteza medie a apei în verticala de viteză***. În acest scop se pot utiliza mai multe metode: analitică, grafomecanică şi grafoanalitică.

- Metoda analitică se aplică numai în cazul măsurării vitezelor în punctele standard şi se bazează pe formulele:

- pentru 1 punct (0,6h): $V_m = V_{0,6h}$ (m/s);

- pentru 2 puncte (suprafaţă şi fund): $V_m = \frac{V_s + V_f}{2}$ (m/s);

- pentru 3 puncte (0,2h; 0,6h; 0,8h): $V_m = \frac{V_{0.2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h}}{4}$ (m/s);

- pentru 5 puncte (suprafață, 0,2h; 0,6h; 0,8h; fund):

$$V_m = \frac{V_s + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_f}{10} \text{ (m/s).}$$

Determinarea vitezei medii corespunzătoare suprafețelor dintre verticalele de viteză se face astfel:

- pentru suprafețele parțiale cuprinse între mal și prima verticală de viteză (V_1), respectiv ultima verticală de viteză (V_n) și mal, viteza medie se determină după formula: $V_m=2/3V_{I\,(n)}$ (m/s).
- Pentru suprafețele parțiale cuprinse între verticalele de viteză, viteza medie se va determina ca medie aritmetică între vitezele medii ale verticalelor de viteză vecine: $V_m= (V_i+V_{i+1})/2$ (m/s).

d. **Debitele parțiale (q_i) dintre verticalele de viteză** rezultă ca produs dintre suprafața (Ω_i) dintre verticalele de viteză și viteza medie (V_i) a apei de pe aceasta: $q_i= \Omega_i x V_i$ (m^3/s). Însumând aceste debite parțiale de pe întreaga secțiune activă a râului va rezulta valoarea **debitului total** scurs în cadrul acesteia: $Q = \Sigma q_i$ (m^3/s).

O astfel de măsurătoare s-a efectuat la postul Pecinișca pe râul Cerna în data de 30.05.2002. Vitezele punctuale și medii pe verticală de viteză s-au efectuat utilizând metoda analitică.

Morișca utilizată a avut ca formulă de calcul al vitezei punctuale:

- pentru n = 0,732, v = 0,146 · n + 0,028;
- n > 0,732, v = 0,171 · n + 0,0097 (n = nr. de rotații pe minut ale paletei moriștii).

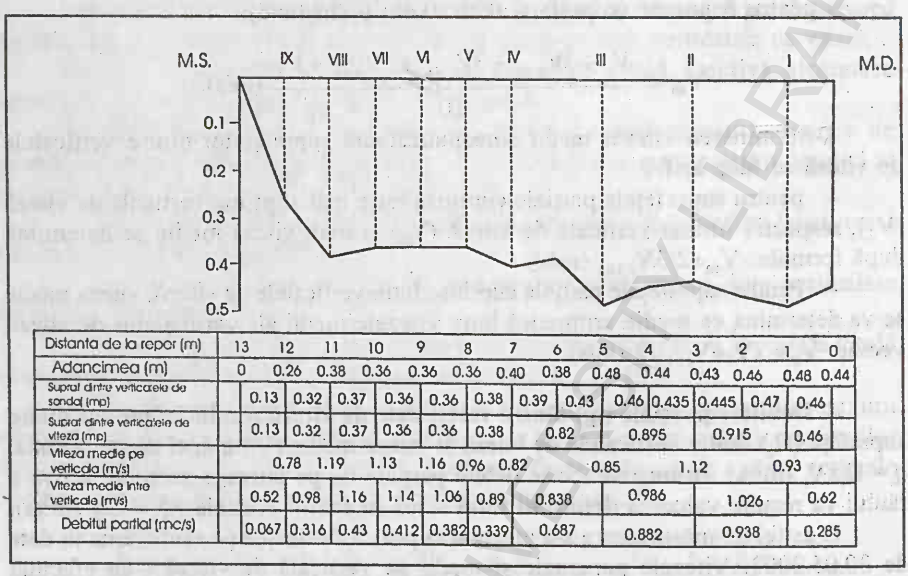
În tab. nr. 20.9. este prezentată modalitatea de calcul al vitezei medii într-o verticală de măsurare a vitezei.

Tabelul nr. 20.9.

Determinarea vitezei medii a apei într-o verticală de viteză

1. Nr.vert. 2. Dist. de la reper - l 3.Adâncimea - h 4. Nivelul - H	Adâncimea de cufundare a moriștii	Citiri la cronometru								Suma învârti-turilor	Nr. înv. pe sec.	Viteza m/s	Viteza med. m/s
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Nr. I	Suprafață												
l =1	0,2	6/22	6/44							280	6,36	1,097	
h =0,48	0,6	5/23	5/46							240	5,21	0,900	0,93
H	0,8	4/21	4/42							200	4,76	0,823	
	Fund												
Repetare													

Calcularea debitului de apă prin metoda analitică se realizează sub formă tabelară, după modelul prezentat în fig. 20.11.



Distanta de la repor (m)	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Adancimea (m)	0	0.26	0.38	0.36	0.36	0.36	0.40	0.38	0.48	0.44	0.43	0.46	0.48	0.44
Suprat dintre verticalele de sondaj (mp)		0.13	0.32	0.37	0.36	0.36	0.38	0.39	0.43	0.46	0.435	0.445	0.47	0.46
Suprat dintre verticalele de viteza (mp)		0.13	0.32	0.37	0.36	0.36	0.38	0.82		0.895		0.915		0.46
Viteza medie pe verticala (m/s)		0.78	1.19	1.13	1.16	0.96	0.82		0.85		1.12		0.93	
Viteza media intre verticale (m/s)		0.52	0.98	1.16	1.14	1.06	0.89	0.838		0.986		1.026		0.62
Debitul partial (mc/s)		0.067	0.316	0.43	0.412	0.382	0.339	0.687		0.882		0.938		0.285

Fig. 20.11. *Secțiunea râului Cerna la p.h. Pecinișca și calculul debitului de apă scurs prin aceasta*

Prin însumarea debitelor parțiale pentru întreaga secțiune se obține debitul total:

$$Q = 0,067+0,316+0,43+0,412+0,382+0,339+0,687+0,882+0,938+0,285 = 4,73 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Pentru calculul direct al debitului de apă care se scurge prin secțiunea unui râu utilizând metoda analitică se poate utiliza formula:

$$Q = \frac{2}{3}\omega_0 V_1 + \omega_1 \frac{V_1 + V_2}{2} + \ldots + \omega_{n-1} \frac{V_{n-1} + V_n}{2} + \frac{2}{3}\omega_n V_n ,$$

în care: Q = debitul total dintr-o secțiune [m^3/s]; $\omega_0 \ldots \omega_n$ = suprafețe parțiale delimitate de verticalele de viteză [m^2]; $V_1 \ldots V_n$ = vitezele medii ale verticalelor de viteză, determinate prin metoda analitică [m/s].

Rezultă astfel că debitul total scurs prin secțiunea de 5,01 m^2 a postului Pecinișca este de 4,73 m^3/s. Viteza medie a apei în secțiune (V_m) se obține ca raport între debitul total (Q) și suprafața secțiunii prin care se scurge acest debit (Ω):

$$V_m = 4,73/5,01 = 0,94 \text{ m/s}.$$

Elementele caracteristice (hidraulice) ale secțiunii active a râului Cerna la stația hidrometrică Pecinișca sunt:

- *lățimea secțiunii*: 13 m;
- *adâncimea maximă* (reprezentată direct din măsurători): 0,48 m;

- *adâncimea medie*, determinată ca raport dintre suprafaţa secţiunii (Ω, în m^2) şi lăţimea râului (B, în m):

$$h_{med} = \frac{\Omega}{B} = \frac{5,01}{13} = 0,38m;$$

- *perimetrul udat* (P), ce reprezintă lungimea liniei care urmăreşte patul şi malurile albiei minore între cele două maluri. În secţiunea Pecinişca, valoarea sa se obţine prin intermediul formulei:

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + ... + \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_{n-1} - h_n)^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2}$$

$$= \sqrt{1^2 + 0.26^2} + \sqrt{1^2 + 0.12^2} + ... + \sqrt{1^2 + 0.02^2} + \sqrt{1^2 + 0.04^2}$$

$$= 1.03 + 1.00 + 1.01 + 1.0 + 1.0 + 1.07 + 1.0 + 1.01 + 1.0 + 1.0 + 1.0 + 1.0 + 1.0$$

$$= 13.12m$$

Simbolurile b_i şi h_i reprezintă distanţele dintre verticalele de sondaj, respectiv adâncimile apei în verticalele de sondaj.

Dacă albia este suficient de lată şi adâncimea apei este mică, se poate considera ca fiind albie lată, iar perimetrul udat poate fi considerat ca fiind suma lăţimii râului cu de două ori înălţimea stratului de apă.

- *raza hidraulică* (R) exprimă un raport între suprafaţa secţiunii active (Ω) şi perimetrul udat (P). Pentru secţiunea Pecinişca acest parametru are valoarea :

$$R = \frac{\Omega}{P} = \frac{5,01}{12,12} = 0,41m.$$

Dacă râurile nu sunt foarte adânci atunci valoarea razei hidraulice se apropie de cea a adâncimii medii.

20.4. TEMĂ DE CONTROL ELEMENTELE CE CARACTERIZEAZĂ BAZINUL ŞI REŢEAUA HIDROGRAFICĂ

I. Pe baza hărţii topografice „Râul Sărăţel" (Anexa 3) se vor trasa cumpăna de ape care delimitează bazinul principal (Sărăţel) şi cummpenele de apă care delimitează bazinele secundare.

II. Pe baza hărţii realizate la punctul I se vor determina principalele elemente care caracterizează bazinul şi reţeaua hidrografică.

1. Elemente ce caracterizează bazinul hidrografic:
   - suprafaţa bazinului principal, suprafeţele bazinelor secundare şi ale spaţiilor interbazinale;
   - lungimea bazinului principal;
   - lăţimea maximă şi medie a bazinului principal;
   - coeficientul de asimetrie al bazinului principal;
   - înălţimea medie a bazinului principal;
   - panta medie a bazinului principal.
2. Elemente care caracterizează reţeaua hidrografică:
   - lungimea râului Sărăţel şi coeficientul său de sinuozitate;
   - profilul longitudinal al râului Sărăţel;
   - panta medie a râului Sărăţel;
   - densitate medie a reţelei hidrografice din bazinul Sărăţel.

Scara reprezentării se va considera 1:50 000.

Notă: Tema se va realiza pe baza aplicării cunoştinţelor din capitolele 10 şi 11.3. ale prezentului curs şi pe baza lucrărilor practice detaliate în capitolele 20.1. şi 20.2.

Ca materiale bibliografice suplimentare, pot fi consultate :

Diaconu D., 2003, *Hidrologie aplicată*, Ed. Credis, Bucureşti.

Pişota I. (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

Pişota I., Zaharia Liliana (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A PATRA

NOȚIUNI DE LIMNOLOGIE, TELMATOLOGIE ȘI GLACIOLOGIE

Obiective

Această parte are drept scop familiarizarea studenților cu problematica generală și noțiunile specifice limnologiei, telmatologiei și glaciologiei. În domeniul limnologiei sunt abordate aspecte privind originea lacurilor și tipologia lor în funcție de geneză, structură termică, compoziție chimică. Sunt prezentate, de asemenea, elementele morfologice și morfometrice ale lacurilor, aspecte legate de dinamica apelor, de viața și sedimentele din lacuri, precum și unele elemente de hidrometrie.

Noțiunile de telmatologie vizează cunoașterea de către studenți a genezei și tipologiei mlaștinilor, a regimului lor hidrologic și a importanței economice a acestora.

În cuprinsul capitolului de glaciologie sunt prezentate aspecte referitoare la condițiile și modul de formare a ghețarilor, la mișcarea și procesele pe care aceștia le realizează, la tipurile de ghețari și răspândirea lor geografică, la importanța hidrologică a ghețarilor.

Ultimul capitol include câteva lucrări practice menite să faciliteze înțelegerea mai bună de către studenți, pe bază de exemple concrete și detaliate, a aspectelor privind batimetria și morfometria lacurilor, precum și bilanțul apei acestora.

21. LACURILE ȘI CLASIFICAREA LOR DUPĂ ORIGINEA CUVETELOR LACUSTRE

21.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Limnologia este ramura hidrologiei care se ocupă cu studiul lacurilor, sub aspectul genezei, al proceselor hidrologice, fizice, chimice și biologice ce le sunt specifice, precum și cel al valorificării lor în diferite scopuri.

Lacurile fac parte din categoria unităților acvatice continentale. Ele reprezintă ***acumulări de apă cu caracter relativ stagnant în depresiuni ale scoarței, create prin acțiunea factorilor naturali și antropici.*** Dimensiunile lor sunt foarte variabile: suprafețe de la zeci de m^2 la 371 000 km^2 (Marea Caspică) și adâncimi de la câțiva metri, la 1741 m sau 1620 m (Lacul Baikal). ***Din punct de vedere biologic, lacurile constituie ecosisteme acvatice, cu particularități proprii ale biotopurilor și biocenezelor.***

Lacurile pot avea sau nu legătură cu marea sau Oceanul Planetar. Cele care au legătură, formează **categoria lacurilor cu scurgere**. Acestea sunt cele mai numeroase și sunt specifice regiunilor climatice cu umiditate bogată. Sunt, în general, de mari dimensiuni și majoritatea lor au apă dulce, ce provine din precipitații (lichide sau solide), din aportul unor afluenți sau din izvoare subterane. Din multitudinea lacurilor de acest tip, menționăm ca exemple: Ladoga, Onega,

Léman, Bucura, Zănoaga, Căldărușani, Snagov din Europa; Baikal, Issâk-Kul, Biwa din Asia; Victoria, Tanganyika, Malawi din Africa; Marile Lacuri (Superior, Huron, Michigan, Erie, Ontario), lacurile Urșilor, Sclavilor din America de Nord; Titicaca, Maracaibo din America de Sud.

Lacurile care nu au legătură cu Oceanul Planetar formează **categoria lacurilor fără scurgere** și sunt caracteristice regiunilor calde și aride. Au apă, de obicei sărată sau cu un grad ridicat de mineralizare. Dimensiunile lor sunt, de regulă, reduse și variabile, în funcție de aportul surselor de alimentare, cu precădere pluviale. Multe dintre ele au caracter temporar, pierzându-și apa în sezonul secetos. Asemenea lacuri poartă denumiri precum ***pan***-uri, ***shot***-uri, ***sahrez***-uri, ***sebkha***-uri și sunt frecvent întâlnite în Africa și Australia. Din categoria lacurilor fără scurgere menționăm ca exemple: Zahrez, Ciad din Africa; Marea Moartă, Aral, Marea Caspică din Asia.

21.2. ORIGINEA LACURILOR ȘI CLASIFICAREA LOR DUPĂ GENEZA CUVETEI

Prin noțiunea de lac se înțelege legătura organică ce există între **apă** și **cuvetă**. Aceste două elemente formează un tot unitar și nu pot fi studiate decât împreună. **Apa** din cuveta lacurilor are o origine continentală, în sensul că provine din ploi sau izvoare. Formează categoria de lacuri care n-a făcut parte niciodată din Oceanul Planetar. În afară de acestea, se găsesc și lacuri relicte sau resturi de mări geologice (Marea Caspică). La formarea **cuvetelor** lacustre participă fie agenți interni, fie agenții externi. Factorii interni (endogeni) dau naștere la cuvete cu suprafețe și adâncimi mari, iar după umplerea lor cu apă sunt considerate lacuri de origine tectonică și vulcanică. Factorii externi (exogeni) participă, de asemenea, activ la formarea cuvetelor lacustre. În funcție de rolul predominant al unui anumit factor, lacurile acestea se împart în mai multe tipuri, ce vor fi prezentate în continuare.

21.2.1. LACURILE REZULTATE DIN ACȚIUNEA FACTORILOR INTERNI

Factorii interni (endogeni) a căror acțiune poate conduce la formarea de cuvete lacustre ce vor fi ocupate ulterior cu apă, sunt reprezentați prin cei de natură tectonică și vulcanică. Iau naștere astfel, lacurile tectonice și vulcanice, caracterizate, de regulă, prin mari dimensiuni, atât în ceea ce privește suprafața, cât, mai ales, adâncimea.

1. Lacuri de origine tectonică.

Pe suprafața Pământului, sub acțiunea mișcărilor interne, au luat naștere mai multe tipuri de lacuri de origine tectonică.

a) ***Lacuri în bazine sinclinale***. Sunt destul de rare. Heim menționează *Lacul Fählen* din masivul Säntis, care este așezat pe culoarul unui sinclinal întrerupt de o boltă anticlinală, iar L. Collet consideră că și lacul *Joux* din Munții Jura ar fi de aceeași origine.

b) ***Lacuri situate în bazine intramontane***. Ocupă suprafețe întinse și au adâncini mari. Lacul *Titicaca* din Anzii Bolivieni se află situat pe o veche suprafață peneplenizată, care în terțiar, în urma înălțării Anzilor cu 4000 m, s-a transformat

într-o depresiune lacustră. Lacul prezintă o adâncime maximă de 230 m şi o suprafaţă de 8110 kmp. În condiţii asemănătoare s-a format şi lacul *Poso* din insula Sulawesi.

c) ***Lacuri situate în cuvete rezultate din scufundarea sau prin ridicarea scoarţei terestre.*** În urma unor cutremure se pot produce tasări sau scufundări în scoarţa terestră pe suprafeţe reduse care ulterior, umplute cu apă, dau naştere la lacuri. De exemplu, în Jamaica în urma unui puternic cutremur care a avut loc în anul 1962 s-au produs numeroase scufundări. Acestea au fost umplute cu apă şi transformate în lacuri. Multe din ele, după scurt timp, au secat. O situaţie asemănătoare s-a produs în Calabria în secolul al XVIII-lea, unde au luat naştere 215 lacuri cu dimensiuni reduse.

Ca urmare a unor mişcărilor de înălţare a unor regiuni de la marginea bazinelor marine, poate să ia naştere o suprafaţă de teren lipsită de apă, presărată cu numeroase excavaţii. Aceste excavaţii, după umplerea lor cu apă, se transformă în lacuri. Se presupune că unele lacuri din peninsula Florida s-au format pe această cale. Cel mai important este lacul *Okeechobee*, cu suprafaţa de 1840 kmp şi adâncimea de 3 m.

d) ***Lacuri relicte*** au fost izolate de mare prin mişcări epirogenetice. L. S. Berg consideră că Marea Caspică şi lacul Aral au fost izolate de Oceanul Planetar prin mişcările scoarţei terestre. La începutul terţiarului, întreaga regiune ponto-caspică a fost scufundată, făcând parte din Marea Tethys, care comunica atât cu Oceanul Indian, cât şi cu Oceanul Atlantic. Mai târziu, partea de est, care comunica cu Oceanul Indian, a fost închisă, iar în miocenul superior, datorită mişcării de înălţare a Alpilor, s-a întrerupt şi legătura cu Oceanul Altantic. Astfel, Marea Tethys devine o mare închisă, numită Marea Sarmatică. În pliocenul superior, Marea Sarmatică se împarte în două bazine marine: Bazinul Euxin (Marea Neagră) şi Marea Caspică. Istoria lacului Aral este mult mai complicată, iar părerile cu privire la originea sa sunt şi azi controversate. Totuşi, prezenţa unui lamellibranchiat (*Cardium edule*) în Marea Caspică şi lacul Aral explică posibila legătură între aceste două mari unităţi acvatice.

e) ***Lacuri situate în regiuni faliate.*** Se întâlnesc în lungul faliilor simple şi în grabene. Lacurile aşezate în ***faliile simple*** sunt reduse ca număr şi dimensiuni. Cele mai multe din ele se află în Sierra Nevada şi Marele bazin de vest al Americii de Nord (lacurile *Albert*, *Walker* şi *Winnemucca*).

Lacurile de graben se află situate în Asia, Africa, Europa, America şi Australia. Se caracterizează prin suprafeţe şi adâncimi mari. În Asia se află cel mai adânc lac de origine tectonică: *Baikal*, cu suprafaţa de 31 500 kmp, lungimea de 674 km, lăţimea de 74 km şi adâncimea de 1741 m (1620 m). Tot aici, în Asia Centrală, se găsesc alte două lacuri tectonice (*Balhaş* şi *Issâk-Kul*), iar în podişul Xizang (Tibet), cel mai important este *Pang-gong-Tso*. De asemenea, un lac tipic de graben se află şi în insula Sulawesi (lacul *Matana*).

În Africa întâlnim cel mai lung şir de lacuri cantonate într-un sistem de grabene discontinue. Pe falia Kenya sau pe linia estică a grabenului african se găsesc câteva lacuri tectonice de dimensiuni mai mici: *Eyasi, Manyara, Natron, Magadi, Naivasha* şi *Malawi*. Pe falia de vest a Africii se află jalonate cele mai mari lacuri: *Victoria, Kiwu, Edward, Mobutu Sésé Seko* (*Albert*) şi *Tanganyika* cu suprafaţa de 32 900 kmp şi adâncimea de 1435 m.

Câteva lacuri de graben se află răspândite în America de Nord (*Tahoe* şi *Washoe*), Europa (*Ohrida* şi *Prespa*, situate în formaţiuni calcaroase) şi Australia (*Torrens*).

f) *Lacuri formate prin baraj natural* în urma prăbuşirilor cauzate de cutremure sau de alunecări de teren. Numărul lor este destul de mare şi se găsesc mai frecvent în regiunile muntoase. În urma unui cutremur de pământ din anul 1840, o parte din masivul Nanga-Parbat (Himalaya) s-a prăbuşit în valea Indusului. În spatele barajului s-a format un lac de 64 km lungime şi 300 m adâncime, care a rezistat până în anul 1841. În Pamir, în anul 1911, valea râului Bartang a fost barată de o alunecare de teren, dând naştere la lacul *Sarez*. Tot în urma unui cutremur, pe valea râului Ak-Su din Munţii Kiapaz, s-a format un baraj, care a dat naştere lacului *Heckel*. L. Collet menţionează că în Franţa şi Elveţia se află câteva lacuri situate în spatele unor baraje provenite din alunecări de teren (*Sylans* şi *Brenets*). Datorită aceluiaşi proces, în Italia, pe valea râului Agordo s-a format lacul *Alleghe*. E. Hutchinson menţionează câteva lacuri de baraj natural în Noua Zeelandă (*Waikaremoana*), în S.U.A. pe văile sistemului muntos Wärner-Range din California (*Clear, Blue, Pit, Lost* şi *Virginia*) şi în Islanda (*Dunmore*). În ţara noastră, cel mai important este *Lacul Roşu*, format pe cursul superior al râului Bicaz.

2. Lacuri de origine vulcanică.

Cuvetele lacustre de origine vulcanică apar în craterele vulcanilor stinşi sau în diferite depresiuni rezultate din procesele vulcanice. Se află răspândite în Europa (Italia, Franţa, Spania, Islanda şi Germania), Asia (Indonezia, Filipine, Japonia şi peninsula Kamceatka), Australia, Noua Zeelandă, America Centrală şi Africa. Dintre formele vulcanice mai importante, care pot da naştere la lacuri, menţionăm: craterele de explozie, craterele de scufundare, denivelările din învelişul de lavă, maarele, depresiunile formate prin baraj vulcanic.

a) ***Lacuri din craterele de explozie***. Ocupă suprafeţe mari şi se află răspândite în Franţa (*Godivelle d'en Haut, Servière, Gour de Tazanat*), S.U.A. (*Marele Lac Sărat* sau *Big Soda Lake* din Nevada), Indonezia (*Kelut* din craterul vulcanului cu acelaşi nume), Guatemala (*Agua*) şi Noua Zeelandă (*Rotomahana*).

b) ***Lacuri din craterele de scufundare sau din calderele vulcanice***. Cel mai tipic este lacul *Crater* din statul Oregon (S.U.A.). Ocupă un bazin creat prin prăbuşirea părţii centrale a vulcanului Mazama. Are o formă aproximativ circulară şi este mărginit de o bordură înaltă (600 m). Lacul Crater are o suprafaţă de 65 kmp şi o adâncime de 608,4 m. S. Yoshimura ne oferă şi alte exemple din Japonia de lacuri formate prin prăbuşirea conurilor vulcanice. Unele sunt însoţite de o bordură înaltă până la 300 m: *Tazawako* (425 m adâncime), *Shikotsuko* (363 m), *Masyuko* (212 m). Altele sunt lipsite de aceste bordură: *Kutcharoko* (120 m) şi *Toyako* (179,2 m).

Unele caldere vulcanice, sub influenţa agenţilor externi şi a activităţii postvulcanice, îşi modifică arealul şi conturul prin apariţia de conuri sau domuri vulcanice subsidiare: lacul *Taal* sau *Bombon* din Filipine, *Vico* din Italia, *Surprise* din Alaska, *Atitlan* şi *Amatitlan* din Guatemala şi lacul *Medicine* din California. Există şi caldere vulcanice modificate în urma unor prăbuşiri de natură tectonică (lacul *Toba* din insula Sumatera şi lacurile *Taupo, Rotorua, Tarawera, Rotoiti* ş.a. din Noua Zeelandă).

c) ***Lacuri situate în denivelările învelişului de lavă***. Prin răcirea lavei care se scurge pe conul vulcanic, se formează o crustă pe suprafaţa căreia apar numeroase neregularităţi. Unele din acestea au dimensiuni mai mari, iar umplute cu apă au dat naştere la lacuri. De exemplu, lacurile *Bourdouze, Chambedaze, Esclauze* şi

Godivelle d'en Bas, din Franța, câteva lacuri din parcul Yellowstone din S.U.A. și din partea vestică a Australiei, precum și lacul *Myvatn* din Islanda.

d) ***Maarele***. Sunt bazine circulare rezultate din explozia produsă de gazele vulcanice și umplute ulterior cu apă meteorică. Bordura cuvetei este în general joasă. Majoritatea lacurilor din regiunea Eifel (Germania) aparțin acestui tip (*Lachmaar, Ulmenermaar, Weinfeldermaar* și *Pulvermaar*). De asemenea, sunt considerate maare lacurile: *Nemi* și *Avergno* din Italia, *Issarles* din Franța, *Viti, Graenavatn și Gestastvatn* din Islanda, *Tikitapu și Pupuke* din Noua Zeelandă, *Chanmico* din San Salvador și *Grati* din Indonezia. Tot în Indonezia un număr de maare parazite se află pe vulcanii Gunung și Lamongan (*Pakis, Lamongan, Warung, Bedali, Gedang, Segaran, Betek, Logung, Agung* etc.).

e) ***Lacuri formate prin baraj vulcanic***. Văile unor râuri sunt barate de lava vulcanică în spatele căreia se formează lacuri. În Africa, câteva lacuri cu lungimi foarte mari (*Bunyoni, Kaniasa* și *Baringo*) au aspectul de văi înecate. Exemple asemănătoare întâlnim în Noua Zeelandă (*Omapere*), Filipine (*Lanao*), Japonia (*Penkeko* și *Pankeko*), America Centrală (*Nicaragua* și *Texcoco*), Franța (*Chambon, Aydat* și *Casière*) și lacurile *Toporovan, Tuman-Hel* și *Arpa-Nel* (din podișul Armeniei).

În țara noastră există un singur lac de natură vulcanică, lacul *Sf. Ana*, lângă Băile Tușnad. Are o suprafață de 20 ha și o adâncime maximă de 7,1 m.

21.2.2. LACURILE REZULTATE DIN ACȚIUNEA FACTORILOR EXTERNI

Factorii externi dominanți care iau parte la formarea cuvetelor lacustre sunt: apele curgătoare, apele marine, ghețarii, vântul, organismele și omul. În funcție de acești factori, se deosebesc mai multe categorii de lacuri.

1. Lacuri rezultate din acțiunea apelor curgătoare (fluviatile). Se găsesc axate de-a lungul luncilor. Se formează în denivelările produse în albia majoră, prin bararea meandrelor, a brațelor secundare sau prin anastomozarea afluenților secundari.

În luncile inundabile ale unor fluvii sau râuri, cum sunt Dunărea, Ialomița, Buzău, Mureș (din țara noastră), Obi, Volga, Don, Nipru (din C.S.I.), Mississippi (din S.U.A.), Paraná și Paraguay (din Argentina), Gange și Brahmaputra (din India), Chang Jiang (din China) etc., se pot întâlni bălți și lacuri cantonate, de regulă, în denivelările de luncă. De exemplu, în lunca inundabilă a Dunării, între Blahnița și Ialomița, sunt răspândite numeroase bălți care ocupă zeci de kilometri pătrați (*Ciuperceni, Desa, Bistrețu, Suhaia*). Nivelul apei lacurilor variază de la un anotimp la altul, fapt ce se reflectă în arealul și adâncimea lor.

În perioadele excesiv de secetoase, cursul râurilor cu debit mic de apă se transformă într-o salbă de lacuri temporare, înșirate în albia minoră (râurile Călmățui, Teleorman, Vedea). La revenirea perioadei umede, aceste lacuri se transformă din nou în râuri.

Văile unor afluenți secundari pot fi anastomozate la gura lor de vărsare de către aluviuni și ca urmare, pot lua naștere lacuri de formă sau meandrată. Acest tip de lacuri se încadrează în grupa ***limanurilor fluviatile***. Cele mai caracteristice limanuri de la noi din țară se află în Dobrogea pe dreapta Dunării (*Gârlița, Ciulinoasa, Oltina, Vederoasa, Cerna*).

În deltele marilor fluvii, prin brațele, canalele sau gârlele acestora este transportată, odată cu apa, o importantă cantitate de aluviuni care favorizează formarea unor depresiuni lacustre. Între brațele principale și secundare se întâlnesc numeroase bălți și lacuri. Delta Dunării din acest punct de vedere constituie un exemplu prin excelență. Aici se află lacurile *Fortuna, Gorgova, Matița, Lumina, Roșu, Dranov, Puiu, Merhei* etc. În delta Ronului se găsește, de asemenea, un mare număr de lacuri cu apă sălcie (*Vaccares*), iar în delta Nilului, lacuri cu mari oscilații de nivel (*Mariotic*). Numeroase lacuri prezintă și delta fluviului Volga, precum și delta fluviului Mississippi (*Pontchartrain* și *Sf. Caterina*).

În zonele muntoase, unele văi sunt barate de conuri de dejecție construite de torenți laterali. În spatele lor se formează lacuri cu suprafețe restrânse (*Tulare, Kern, Buena Vista* și *Salton* din California).

2. Lacuri rezultate din acțiunea apelor marine. Prin procesele de eroziune și acumulare marină, micile intrânduri de apă sau golfurile cu adâncimi mici pot să fie barate de cordoane litorale nisipoase (perisipuri, grinduri, săgeți etc.) și, cu timpul, separate de mare și transformate în ***lagune*** sau ***lacuri maritime***. Țărmul golfului Mexic între peninsulele Florida și Yucatan prezintă cele mai numeroase lagune și limanuri maritime.

Două dintre acestea, cu același nume (*laguna Madre*), se află la sud și la nord de gura de vărsare a fluviului Rio Negro. De asemenea, pe țărmul golfului Biscaya, cordonul litoral nisipos a despărțit de ocean un șir de lagune, de formă triunghiulară (*Carcanas, Lacanau, Arcachon, Biscarrose* etc.). Lagune asemănătoare se întâlnesc pe țărmul Mării Baltice (*Vistula, Kursk, Szczecin*), al Mării Nordului (*Ijssel*), Mării Caspice (*Kara Bogaz-Ghiol*), Mării Mediterane (*Thau*) și Mării Negre (din vechiul golf Halmyris au luat naștere lagunele dobrogene: *Razim, Golovița, Zmeica* și *Sinoie*).

În anumite regiuni, văile unor râuri tributare mărilor sunt barate la gura de vărsare prin masive cordoane nisipoase aduse de curenții marini. Văile acestor râuri, prin acumularea apei, se transformă în ***limanuri maritime***. Tipul acesta de lacuri îl găsim pe țărmul Mării Negre (*limanul Nistrului, Tașaul, Techirghiol, Mangalia* etc.), Mării Azov, Mării Baltice etc.

3. Lacuri rezultate din acțiunea de dizolvare a apei. Dizolvarea este un proces foarte activ pe rocile ușor dizolvabile (calcar, gips, sare) unde se formează excavații, goluri sau depresiuni, care umplute cu apă, dau naștere la lacuri.

a) ***Lacurile carstice*** sunt specifice regiunilor calcaroase. Prin acțiunea de dizolvare chimică a rocii, la care se adaugă și procesul de eroziune, iau naștere o serie de cuvete lacustre sub formă de doline și polii.

Lacuri de dolină se formează prin acumularea apei în micile depresiuni cu aspect de pâlnie, al căror fund a fost căptușit cu materiale impermeabile. Asemenea lacuri sunt întâlnite în Alpii Calcaroși (*Seewli, Audannes, Grand, Gouille, Saourie, Mutten, Glarus*), Florida (*Deep, Marion, Palk, Long*), în sud-vestul Africii (*Otjikoto* și *Guina*), în statul Honduras (*Yojoa*).

Lacuri de polii (***polje***) au o geneză asemănătoare cu a celor de dolină, dar prezintă, în general, dimensiuni mai mari. L. Collet le-a împărțit, după regimul hidrologic, în trei categorii: polii seci, polii inundabile și polii-lac.

- ***Poliile seci*** au fundul cuvetei acoperit cu un bogat material de aluviuni, iar în perioada de maximă pluviozitate se transformă în polii inundabile (*Polja Livanjsko* din fosta Iugoslavie).

• ***Poliile inundabile*** funcționează ca lacuri numai în timpul ploilor abundente. Aceste polii mai poartă numele și de ***lacuri cu apă intermitentă*** (*Pheneos, Stymphale, Karaklinou* din Peloponez; *Lafayette, Miccosukee, Jackson* etc. din Florida - S.U.A).

• ***Poliile-lac*** sunt tipice carstului dalmatin și reliefului calcaros din Alpii elvețieni. De exemplu, lacurile *Vrana, Ostrova* și *Petersko* din Croația, precum și lacurile *Dürren, Lüner* și *Sambti* din Elveția.

În țara noastră, lacuri de origine carstică pot fi considerate *Peța* de lângă Oradea, lacul *Vărășoaia* din Munții Apuseni și *Balta* din Podișul Mehedinți.

b) Lacuri pe formațiuni de gips. Acestea se formează tot prin acțiunea de dizolvare a apei și sunt într-un număr destul de redus. Putem menționa lacurile *Girotte, Tignes* și *Mont Cenis* din Alpii francezi, iar la noi în țară lacul *Învârtita* de la Nucșoara din județul Argeș (S = 2,2 ha, h = 4,7 m).

c) Lacuri pe formațiuni de sare. Iau naștere, de regulă, prin prăbușirea locală a învelișului protector de steril (aluviuni, marne, argilă) și prin dizolvarea sării, ca urmare a acțiunii de circulație a apelor freatice. În țara noastră, le întâlnim la Sovata (lacurile *Ursu, Aluniș, Negru*) și în arealul unor ocne de sare părăsite (la Ocna Sibiului, Turda, Telega etc.).

d) Lacuri clastocarstice. Se află răspândite în orizonturile de loess și loessoide. Cuveta lacurilor rezultă din acțiunea de tasare a loessului. La noi în țară, aceste lacuri poartă numele de „crovuri" sau „padine" (*Ianca, Plopu, Movila Miresii, Colțea, Ciocile, Tătaru, Satchinez, Ivanda* etc.). Mai sunt frecvent întâlnite și în stepa Siberiei de Vest, unde au o formă circulară și uneori sinuoasă. Suprafața și adâncimea lacurilor clastocarstice variază după anotimpuri.

4. Lacuri rezultate din acțiunea ghețarilor (glaciare). Au o largă răspândire în regiunile afectate de glaciația cuaternară: nordul Americii de Nord și al Europei, o parte din Siberia Centrală și de Vest, regiunile montane cu altitudini mai mari de 1500 m din lanțul alpino-carpato-balcanic. După retragerea ghețarilor, scoarța terestră a fost presărată de numeroase depresiuni, transformate în lacuri glaciare. Varietatea lor foarte mare și ar putea fi grupate în mai multe categorii.

a) Lacuri formate pe suprafața ghețarilor sau în masa de gheață. Au un caracter temporar și se presupune că sunt instalate pe crevasele ghețarilor (ghețarii Gorner-Zermatt și Canton Valais). Pe ghețarul Tête-Rousse din Mont Blanc o mare pungă de apă acumulată în crevasă s-a revărsat la 12 iulie 1892, provocând inundații la Saint Gervais.

b) Lacuri formate în spatele barajelor de gheață. Ghețarii de vale pot bara în drumul lor văile secundare, transformându-le în lacuri (*lacul Märjelen*, barat de ghețarul Aletsch din Alpii Elveției, *lacul Gapshan* de pe valea râului Shyok din cursul superior al Indusului).

c) Lacuri formate în micile denivelări de rocă. Au cuvetele formate din eroziunea ghețarilor cuaternari. Se află răspândite în Norvegia, Suedia, Irlanda, Scoția, Canada și S.U.A.

d) Lacuri formate în căldări sau circuri glaciare. Se găsesc în zonele muntoase la înălțimi mari. Căldările glaciare au rezultat din acțiunea de subsăpare a ghețarilor; au, de regulă, o formă circulară și adâncimi foarte mari. Le întâlnim în Alpi (*Vilseeloder, Kitzbühler Alpen, Blanc*), Carpați (*Bucura, Zănoaga, Bâlea, Lala*), Munții Scandinaviei (*Tennes* și *Reiness*), Noua Zeelandă (*Quill*), Tasmania (*lacul Tasmaniei*), Podișul Xizang (lacul *Ororotse-Tso*, situat la 5297 m altitudine).

e) Lacuri formate în văi glaciare. Tipul acesta de lacuri se află răspândit pe terasele văilor glaciare sau în spatele unor praguri săpate în roca în loc. Se prezintă înşirate în lungul văilor glaciare sub formă de salbe (*Tăul Agăţat, Tăul Porţii, Florica, Viorica, Ana şi Lia* de pe valea Bucurii din Carpaţii Meridionali). Lacuri de vale se întâlnesc în Alpi, Munţii Vosgi şi Alpii Scandinaviei. În Insula de Sud a Noii Zeelande se află cele mai interesante şi caracteristice lacuri de vale glaciară (*Sumner Coleridge, Heron, Tekapo, Pukaki, Ohau, Hawea, Wanaka, Wakatipu, Te Anau*).

f) Lacuri formate în fiorduri. Sunt situate în zona ţărmurilor marine muntoase, în lungul văilor glaciare săpate de gheţarii cuaternari. Cele mai importante lacuri de fiord se află în Norvegia, Scoţia, Noua Zeelandă şi nord-vestul Americii de Nord. În Norvegia, un număr de 16 lacuri de fiord prezintă adâncimi mai mari de 200 m. Dintre acestea, lacul *Hornindals* din Nordfjord, cu adâncimea de 514 m este cel mai adânc din Europa. Tot în cadrul acestui fiord se mai află lacurile *Stryns, Loen, Olden* şi *Braims*. Alte lacuri, ceva mai mici, sunt instalate în fiordurile Mjosa, Eikesdal şi Tyrifjord.

Lacuri de fiord se mai întâlnesc în Scoţia (lacul *Wastwater)*, în America de Nord (cele mai multe se găsesc răspândite în Columbia Britanică: *Upper, Kootenay, Shuswap, Lower, Arrow şi Okanagan)*, în Noua Zeelandă (lacurile *Manapouri* şi *Hauroko*).

g) Lacuri de piemont. În piemontul elveţian se remarcă un important număr de lacuri, cu dimensiuni mari, care au făcut obiectul de studiu al unor numeroşi limnologi (L. Collet, A. Forel, B. Dussart). Aşa sunt lacurile: *Léman* (*Geneva*), *Boden* (*Constanţa*), *Neuchâtel, Bieler, Zürich, Wohlen, Murten, Zuger* etc.

Districtul lacurilor engleze ocupă o zonă cu numeroase văi glaciare, unde se află cantonate lacurile: *Derwent, St. John, Ullswater, Hawes, Windermere, Rydal, Grasmere, Ennerdale* ş.a.

Marile Lacuri Americane din bazinul Sf. Laurenţiu sunt rezultatul glaciaţiunii cuaternare. Ele se caracterizează prin suprafeţe şi adâncimi foarte mari, fiind delimitate de peninsule şi insule. În ordinea aşezării lor, menţionăm: *Lacul Superior*, cel mai mare (S = 82 680 km^2, h = 406 m), *Michigan, Huron, Erie şi Ontario* . Între lacurile Erie şi Ontario se află cascada Niagara.

În Canada lacurile glaciare au o largă extindere, îndeosebi între paralela de 50° N şi Cercul Polar de Nord, pe un relief piemontan. Unele din aceste lacuri sunt tributare, prin emisarii lor, golfului Hudson (*Winnipeg, Manitoba, Indienilor, La Ronge, Churchill, Dore, Montreal, Snake, Dubawnt, Wholdaia, Kasba, Ennadai, Nueltin, Selwyn, Macdougall* etc.) altele, drenate de fluviul Mackenzie, gravitează, către Marea Beaufort (*lacurile Renilor, Jderilor, Athabasca, Claire, Lacul Urşilor*, cu 30 200 km^2 şi 137 m adâncime şi lacul *Sclavilor* cu 27 200 km^2 şi 156 m adâncime).

h) Lacurile de baraj morenic. Se întâlnesc atât în regiuni muntoase afectate de gheţari, cât şi în regiuni mai puţin accidentate, dar unde gheţarii, în retragerea lor, au lăsat diferite forme de depozite morenice. Cele mai tipice exemple le constituie marile lacuri italiene din Prealpii Lombardiei, care s-au dezvoltat pe cursul unor văi glaciare. Aşa sunt lacurile *Garda, Iseo, Lecco, Como, Lugano, Maggiore, Orta, Garlate, Annone, Varese, Monate, Comabia*, etc. De asemenea, lacuri de baraj morenic mai întâlnim în Munţii Jura (*Clairvaux, Chambly, Chalain*), Munţii Vosgi (*Gerardmer, Largemer şi Blanchmer*), statul Wisconsin din S.U.A. (*Green, Winnebago, Mendota, Monona, Kegonsa*), precum şi în Anzii din Patagonia (*La Plata, Viedma, Argentino* cu emisari de scurgere spre Oceanul Atlantic şi

Buenos Aires, Pueyrredon, San Martin, Sarmiento, Maravilla cu emisari de scurgere spre Oceanul Pacific). Unele lacuri din Anzii patagonezi se prezintă sub forma celor din fiordurile norvegiene.

Gheţarii, în retragerea lor, au lăsat uneori valuri de morene, favorizând astfel formarea de *lacuri între două depozite morenice*. Sistemul hidrografic al lacului *Oncida*, situat la sud de lacul Ontario, constituie un deosebit exemplu din acest punct de vedere. Aici se află buchetul de lacuri de formă alungită: *Canandaiuga, Seneca, Cayuga, Owasco, Skaneateles, Otisco* şi *Onondoga*. Unităţi lacustre asemănătoare, cu forma mai frecvent rotundă sau ovală, se află răspândite în Rusia, Polonia, Germania, Finlanda, Suedia şi Canada.

În unele regiuni ale fostei glaciaţiuni continentale se întâlnesc lacuri de dimensiuni variabile, ale căror cuvete ocupă spaţiul unor blocuri de gheaţă ce s-au rupt din calota glaciară şi au rămas îngropate în materialul detritic. După topirea gheţii, au luat naştere depresiuni ce s-au umplut cu apă, alcătuind ***lacurile de tip kettles*** (fig. 21.1.). Astfel de lacuri se găsesc în S.U.A. (*Round* şi *Hubert*), Canada (*Trout*), Irlanda, Scoţia, Germania, Suedia şi Finlanda.

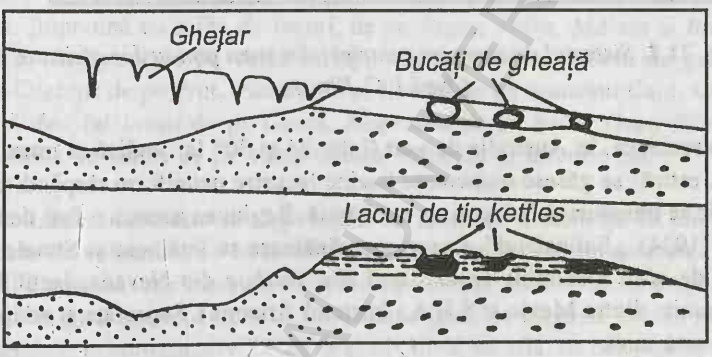


Fig. 21.1. *Formarea lacurilor de tip kettles.*

În ţara noastră, glaciaţiunea pleistocenă a cuprins Carpaţii Meridionali şi Munţii Rodnei din Carpaţii Orientali. Urmele acestei glaciaţiuni au rămas sub forma unor circuri şi văi glaciare situate la peste 1800 m. În circurile sau căldările glaciare, sub acţiunea de subsăpare a gheţarilor, s-au format excavaţii care au dat naştere la lacuri glaciare (*Zănoaga, Bucura, Peleaga, Custura Mare, Câlcescu, Bâlea, Capra, Podragu, Urlea*). De asemenea, pe unele văi glaciare s-au instalat lacuri sub formă de salbă (*Florica, Viorica, Ana, Lia*, lacurile din Valea Rea etc.). Tot pe văile glaciare se întâlnesc depozite morenice în spatele cărora au luat naştere lacuri (*Bistra, Netiş, Pietrele Albe* din Munţii Ţarcu-Petreanu; *Pietrosu, Buhăescu* şi *Lala Mare* din Munţii Rodnei).

5. Lacuri rezultate din acţiunea vântului (eoliene). Se află cantonate fie în micile depresiuni create prin procesul de eroziune şi prin procesul de deflaţie, fie în locurile joase dintre dune, ca rezultat al acţiunii de acumulare a apei. Lacurile de origine eoliană se află răspândite în regiunile cu umiditate scăzută, fapt ce face ca dimensiunile lor să fie reduse. Cele mai multe au un caracter temporar. În deşerturile Namib şi Kalahari din Africa se află un număr foarte mare de cuvete lacustre de formă ovală sau rotundă denumite de englezi *pan*-uri (depresiuni, scobituri), iar regional, *shot*-uri sau *sebkha*-uri. L.C. King menţionează în regiunea

Karro existența unui areal cu *pan*-uri cu regim semipermanent și cu scurgerea emisarilor de formă centripetă (*Bloauw Pan, Konnes Pan, Commissioners Pan, Dwega Pan*) (fig. 21.2.). În Transvaal se află lacul *Chrissie* tot de origine eoliană, având însă cuveta săpată în rocă. Are un regim permanent, dar cu foarte mari variații de la sezonul ploios la cel secetos.

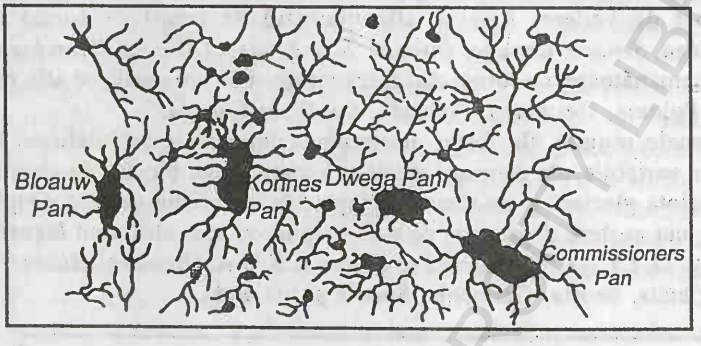


Fig. 21.2. *Sistemul de scurgere centripet din zona pan-urilor africane (după L.C. King).*

De asemenea, în Australia de vest (între 26 și 30° lat. sudică și între 117 și 123° long. estică) se găsesc numeroase bazine lacustre neuniform răspândite, care după ploaie se transformă în lacuri cu apă sărată. Regiunea aceasta a fost denumită de Jutson (1934), „Salinaland". Lacuri asemănătoare se întâlnesc și Statele Unite (în partea de nord a statului Texas, lacul *Big Washoe* din Nevada, lacul *Susuta* situat la granița dintre Mexic și S.U.A.. în statul Arizona). Suprafața și adâncimea lor sunt foarte mici.

Pe unele văi cu scurgere intermitentă, nisipurile mișcătoare pot bara albia râurilor transformând-o, pe spații restrânse, în lacuri. E. Hutchinson menționează lacul *Moses* din valea Crab, statul Washington și lacul *Sossus Vley,* din deșertul Namib.

În țara noastră, tipul acesta de lacuri se află răspândit în zona de dune Calafat, Ciuperceni-Poiana Mare (*Desa, Manginița, Piscu, Borovicile*) și în regiunea de dune Castranova și Apele Vii *(Balta Cerna, Balta Beliu, Lacul cu Trestie* etc.).

6. Lacuri rezultate din acțiunea organismelor (organogene) și a omului (antropice). Lacurile organogene sunt restrânse ca număr și pot să apară pe văile unor râuri cu panta foarte lină sau în regiunile de tundră, prin dezvoltarea inegală a formațiunilor de turbă. De exemplu, *Lacul de Argint* din Noua Scoție s-a format printr-un baraj de mușchi *Sphagnum,* dezvoltat pe valea unui râu.

Cele mai interesante lacuri rezultate din acumulările organice sunt acelea situate în atolii de corali, cum este cazul celor din insula Washington din Pacificul Central și al atolilor Nauru și Marshall etc. Unele lacuri au apa suprasărată (laguna din insula Malden), altele, prin izolarea de ocean și înălțarea atolilor, au apă îndulcită.

Pe unele văi din Suedia, Canada și S.U.A. s-a descoperit un tip de baraj din trunchiuri de copac, crengi și mâluri, în spatele cărora se adună apa sub formă de

lacuri cu suprafaţa între 10-20 ha şi adâncimea până la 2-3 m. Constructorul acestor baraje este castorul american (*Castor canadensis*). În parcul Yellowstone se află lacul *Beaver* (castorilor), cu un baraj lat de 320 m. Pe insula Grand din Lacul Superior se întâlneşte lacul *Echo* cu un baraj de 456 m lăţime, iar la sudul acestui mare lac american, lacul *Grass* şi *Lacul lui Morgan*.

Lacurile artificiale au fost realizate în scopuri multiple: producerea de hidroenergie, alimentări cu apă a populaţiei şi industriei, irigaţii, regularizarea debitelor etc. Ele sunt larg răspândite pe suprafaţa terestră.

În S.U.A., cele mai importante acumulări se află pe Colorado (*Mead, Glen Canyon*) şi pe Missouri (*Fort Peck, Garrison, Oahe* ş.a.); în Canada, pe râul Peace (*Vinner Grew*); în Rusia au fost realizate lacuri cu suprafeţe gigantice pe Volga (*Volgograd, Kuibâşev* ş.a.), Don (*Timleansk*), Obi (*Novosibirsk*), Enisei (*Krasnoiarsk*) şi Angara (*Bratsk*); în Africa menţionăm lacurile *Kariba* de pe Zambezi, *Nasser* de pe Nil (la Assuan) şi acumularea de la *Kandji* de pe Niger.

În ţara noastră, printre cele mai importante lacuri antropice se înscriu: *Porţile de Fier I* şi *Porţile de Fier II* de pe Dunăre, *Izvorul Muntelui* de pe Bistriţa, *Vidraru*, împreună cu salba de lacuri, de pe Argeş, *Vidra, Mălaia* şi *Brădişor* de pe Lotru, *Strâmtori* de pe valea Firizei, *Văliug, Gozna* şi *Secu* de pe Bârzava, *Stânca-Costeşti* de pe Prut, *Fântânele* şi *Tarniţa* de pe Someşul Cald, *Oaşa* de pe Sebeş, *Valea lui Iovan* de pe Cerna, *Negovanu* de pe Sadu, *Gura Râului* de pe Cibin, salba de lacuri de pe valea Oltului mijlociu şi inferior etc.

7. Lacuri instalate în depresiuni formate de meteoriţi. În unele regiuni neafectate de vulcanism se întâlnesc cuvete lacustre cu aspect de crater, rezultate probabil din şocul unor meteoriţi. Câteva cuvete bine conservate şi umplute cu apă se găsesc în jurul golfului Hudson din Canada (lacurile *Ungava, Chubb* şi *Quebec*). În Argentina, la aproximativ 27°28' S şi 61°30' V, se află, de asemenea, o serie de cratere cu dimensiuni mai mici. Unul din ele adăposteşte lacul *Laguna Negra*, de formă eliptică. Numărul cel mai mare de cuvete de formă ovală sau eliptică (circa 500 000) se află în S.U.A., între statele New Jersey şi Florida. Poartă numele de „*bays*" şi au adâncimi extrem de mici. Se presupune că sunt rezultatul „ploilor de meteoriţi".

În Europa, lacul *Kaalijärv* din insula Saaremaa, situată în Marea Baltică, ocupă o depresiune formată din meteoriţi. De altfel, de pe această insulă a fost recuperat un material de natură meteoritică.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se definească lacurile şi să se clasifice în funcţie de legătura pe care o prezintă cu marea sau cu Oceanul Planetar.*

2. *Care sunt tipurile şi subtipurile de lacuri rezultate din acţiunea factorilor interni? Să se menţioneze exemple.*

3. *Să se precizeze tipurile de lacuri rezultate din acţiunea factorilor externi şi câteva exemple pentru fiecare tip.*

---

22. PRINCIPALELE ELEMENTELE MORFOLOGICE ŞI MORFOMETRICE ALE LACURILOR.

22.1. PRINCIPALELE ELEMENTE MORFOLOGICE

Toate lacurile cu dimensiuni mai mari se caracterizează prin forme de relief aproape comune. În regiunea de ţărm, în urma acţiunii exercitate de apă, se formează **faleze, platforme** sau **prispe lacustre, plaje, bare şi cordoane nisipoase, delte lobate** ori **arcuite** etc. Aceste forme de relief, care sunt specifice ţărmurilor lacustre rezultă din procesele de eroziune şi acumulare ale apelor. Valurile acţionează asupra ţărmurilor înalte (faleze) transformându-le cu timpul în platforme de abraziune lacustră. Dacă în regiunea ţărmurilor se manifestă curenţi lacuştri litorali, aceştia, prin procesul de depunere, clădesc plaje. În funcţie de variaţiile de nivel ale apei, plajele pot să fie neinundabile, inundabile şi inundate. Conturul cuvetelor lacustre mai poate fi modificat şi de râurile care se varsă în ele. În zona de vărsare, datorită materialelor aduse de râuri iau naştere **conuri deltaice**, care reduc din suprafaţa şi adâncimea apei.

În regiunile adânci ale lacurilor, relieful cuvetelor prezintă o oarecare uniformitate, datorită depunerii sedimentelor fine. Aici se formează adevărate **câmpii sublacustre** (lacurile Léman, Razim, Taşaul, Siutghiol). În cazul lacurilor glaciare ori al celor de natură tectonică, relieful sublacustru de la mari adâncimi se caracterizează prin forme accidentate.

La orice cuvetă, în profil transversal, putem deosebi două regiuni: una **de ţărm** şi alta **de adâncime** (fig. 22.1.). În regiunea de ţărm predomină, de regulă, procesele de eroziune, în timp ce în regiunea de adâncime au loc mai mult procesele de acumulare.

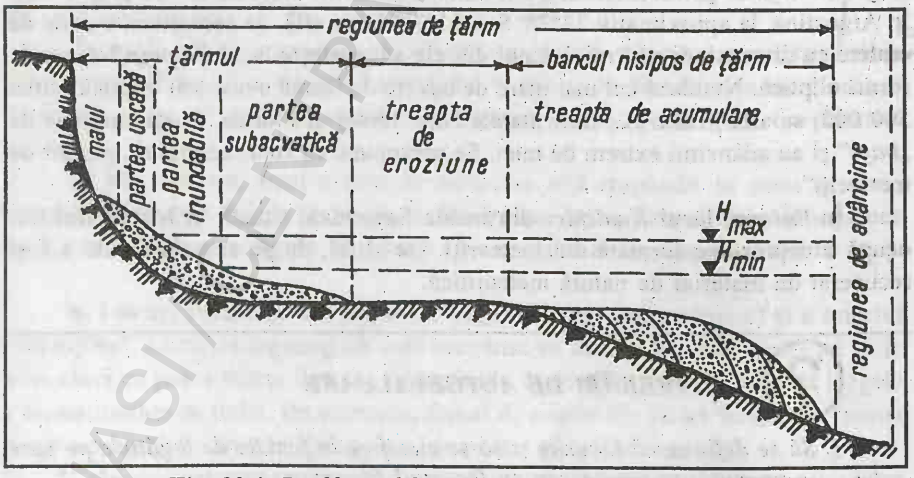


Fig. 22.1. *Profil morfolimnologic în regiunea de ţărm.*

➢ **Regiunea de ţărm** cuprinde: ***malul, ţărmul*** şi ***bancurile nisipoase litorale***. ***Malul*** este partea uscatului care înconjoară lacul de jur împrejur. ***Ţărmul*** ocupă partea de uscat aflată în continuă modificare, sub acţiunea apelor şi a factorilor externi (materialele aduse de râuri, vânturi şi om). La rândul său, ţărmul cuprinde: ***partea uscată*** (***plaja neinundată***) extrem de rar afectată de valuri; ***partea***

inundabilă, acoperită cu apă numai la nivelurile maxime, şi ***partea subacvatică*** sau mereu inundată.

➢ **Regiunea de adâncime** se desfăşoară în continuarea regiunii de ţărm şi se caracterizează printr-un relief sublacustru ceva mai uniform şi foarte rar afectat de acţiunea valurilor.

22.2. PRINCIPALELE ELEMENTE MORFOMETRICE

În caracterizarea unităţilor lacustre se au în vedere elementele lor morfometrice, reprezentate prin: suprafaţă (a bazinului de recepţie şi suprafaţa propriu-zisă a lacului), lungime, lăţime (maximă şi medie), axă mare, axă mică, perimetru udat, grad de dezvoltare a liniei ţărmului, volum de apă, adâncimea apei (maximă şi medie). Aceste elemente se determină pe baza hărţilor topografice şi batimetrice. În ultima vreme pot fi întocmite hărţi ale lacurilor prin mijloace moderne, informatizate, cum sunt aparatele GPS (*Global Position System*) ce permit, prin intermediul sateliţilor, determinarea cu precizie a coordonatelor matematice ale fiecărui punct al perimetrului lacului şi transpunerea lui grafică.

➢ **Suprafaţa.** În cazul unităţilor lacustre se diferenţiază două suprafeţe distincte: cea a bazinului de recepţie al lacului şi cea propriu-zisă a lacului.

Suprafaţa bazinului (F, în km^2) reprezintă mărimea arealului de pe care lacul îşi colectează apele superficiale. Ea este delimitată de o cumpănă de apă, trasată în mod asemănător cu cea a bazinelor hidrografice ale râurilor (fig. 22.2).

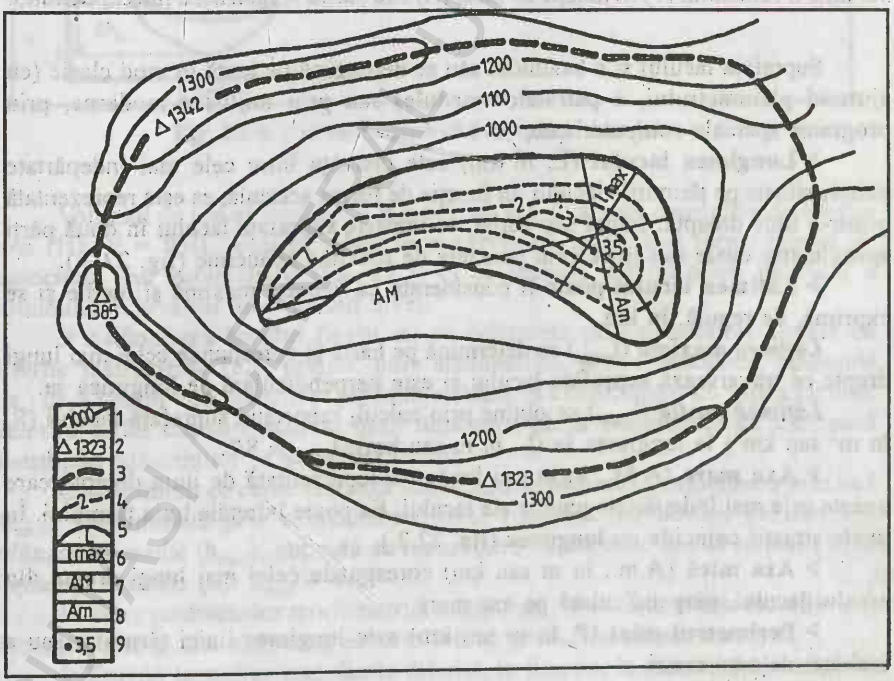


Fig. 22.2. *Bazinul hidrografic al unui lac şi câteva din elementele morfometrice ale lacului. 1. – Curbă de nivel; 2 – Cotă altimetrică; 3 – Cumpăna de ape a bazinului de recepţie; 4 – Izobată; 5 – Lungimea lacului; 6 – Lăţimea maximă a lacului; 7 – Axa mare; 8 – Axa mică; 9 – Adâncimea maximă.*

Suprafaţa lacului (S sau Ω, în ha sau km^2) este delimitată de izobata de zero metri. Ea corespunde astfel, oglinzii apei şi este variabilă în funcţie de nivelul apei din lac (H). Legătura dintre cei doi parametri este evidenţiată de ***curba batigrafică*** S = f(H) (fig. 22.3. b). Aceasta permite determinarea indirectă a suprafeţei lacului echivalente oricărui nivel dorit.

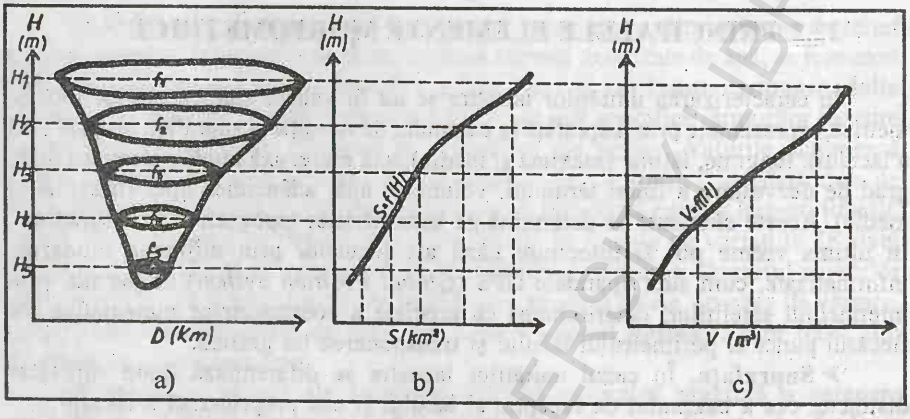


Fig. 22.3. *Curbele caracteristice ale unui lac:a – secţiunea transversală (f_1, f_2...f_5 – suprafeţele corespunzătoare diferitelor niveluri ale apei); b – curba de variaţie a suprafeţei (S) în funcţie de nivel (H) sau curba batimetrică; c – curba de variaţie a volumului (V) în funcţie de nivel (H) sau curba volumetrică (de capacitate).*

Suprafaţa lacului şi a bazinului său se determină pe hartă în mod clasic (cu ajutorul planimetrului, a pătratelor module) sau prin mijloace moderne, prin programe speciale computerizate.

➢ **Lungimea lacului** (L, în km) este distanţa între cele mai îndepărtate puncte situate pe ţărmurile lacului. În funcţie de forma acestuia, ea este reprezentată printr-o linie dreaptă, frântă sau curbă, ce împarte suprafaţa lacului în două părţi aproximativ egale sau trece prin punctele de maximă adâncime (fig. 22.2.).

➢ **Lăţimea lacului** poate fi considerată ca valoare maximă şi medie şi se exprimă, de regulă, în km.

Lăţimea maximă ($l_{max.}$) se determină pe hartă şi corespunde celei mai lungi drepte ce traversează suprafaţa lacului şi este perpendiculară pe lungimea sa.

Lăţimea medie ($l_{med.}$) se obţine prin calcul, raportând suprafaţa lacului (S, în m^2 sau km^2) la lungimea sa (L, în m sau km): $l_{med.} = S/L$.

➢ **Axa mare** (A.M., în m sau km) este reprezentată de linia dreaptă care uneşte cele mai îndepărtate puncte ale lacului. Ea poate întretăia linia ţărmului. În unele situaţii coincide cu lungimea (fig. 22.2.).

➢ **Axa mică** (A.m., în m sau km) corespunde celei mai lungi drepte din arealul lacului, perpendiculară pe axa mare.

➢ **Perimetrul udat** (P, în m sau km) este lungimea liniei ţărmului sau a izobatei de zero metri.

Ea poate oscila în funcţie de variaţiile suprafeţei lacului.

➢ **Gradul de dezvoltare a liniei ţărmului** exprimă sinuozitatea acestuia şi este exprimat valoric cu ajutorul ***coeficientului de sinuozitate*** (K_s), determinat pe baza cunoaşterii perimetrului (P) şi a suprafeţei lacului (S), cu ajutorul relaţiei:

$$K_s = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}.$$

Acest coeficient reprezintă raportul dintre lungimea malului şi cea a cercului cu suprafaţa egală cu a lacului.

➢ **Volumul de apă deţinut** de o unitate lacustră (V, în m^3 sau km^3) este un parametru morfometric deosebit de important. Valoarea lui se obţine ca sumă a volumelor parţiale (v_i) delimitate de izobate (fig. 22.4.). Un volum parţial se calculează ca produs între media aritmetică a suprafeţelor delimitate de două izobate succesive (f_i; f_{i+1}) şi diferenţa de adâncime dintre ele (Δh_i):

$$V = \sum v_i = \sum \frac{f_i + f_{i+1}}{2}\Delta h_i = \frac{f_1 + f_2}{2}\Delta h_1 + \frac{f_2 + f_3}{2}\Delta h_2 + ... + \frac{f_{n-1} + f_n}{2}\Delta h_{n-1} + \frac{f_n}{2}\Delta h_n.$$

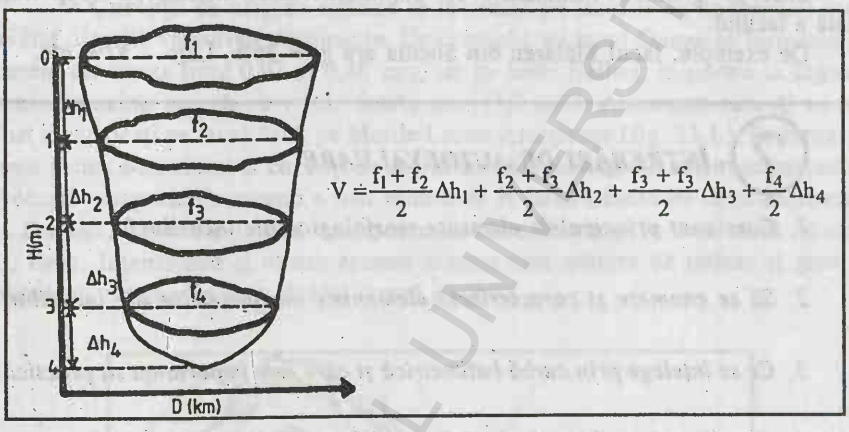


Fig. 22.4. *Calculul volumului de apă al lacului.*

Volumul de apă al lacului, ca şi suprafaţa acestuia, este dependent de nivelul apei (H): V = f(H). Această relaţie este exprimată grafic sub forma ***curbei de capacitate*** sau ***volumetrică*** (fig. 22.3. c) ce permite determinarea indirectă a volumului echivalent unui anumit nivel.

➢ **Adâncimea lacului** (h, în m) se determină prin măsurători directe cu diferite instrumente (tije, prăjini, mire stadimetrice, sonde mecanice, ecosonde ş.a.) de-a lungul unor direcţii şi profiluri stabilite în conformitate cu forma lacului. Valorile astfel obţinute stau la baza întocmirii hărţii batimetrice ce ilustrează distribuţia adâncimilor pe suprafaţa lacului.

Ca parametri ce caracterizează adâncimea se utilizează ***adâncimea maximă*** (h_{max}), determinată prin măsurători directe (înscrisă, de obicei, pe hărţi) şi ***adâncimea medie*** (h_{med}), obţinută ca raport între volumul de apă al lacului (V) şi suprafaţa acestuia (S): $h_{med} = V/S$.

În afara parametrilor morfometrici menţionaţi, în caracterizarea lacurilor pot fi considerate şi alte elemente, precum forma, gradul de insulozitate ş.a.

➢ **Forma lacurilor** este foarte diferită, în funcţie, în principal, de originea cuvetei lacustre.

Se disting, astfel, lacuri de formă: circulară (cele situate în circuri glaciare, doline, cratere etc.), semicirculară (lacurile eoliene), subrectangulară alungită (instalate în grabene – Tanganyika, Baikal; limanurile fluviatile şi maritime),

dendritică sau rectangulară (lacuri de acumulare – Izvoru Muntelui, Vidraru ş.a.), de belciug (lacuri de luncă). Numeroase lacuri au o formă neregulată, cum sunt cele din regiunile afectate de glaciaţiunea continentală).

Cuvetele lacustre pot prezenta şi ele diferite forme. În acest sens, J. Neumann distinge trei tipuri, diferenţiate după valoarea unui coeficient rezultat din raportarea adâncimii medii la cea maximă. Cele trei forme sunt: ***conică*** (cu coeficientul 0,333), ***sinusoidală*** (cu coeficientul 0,467) şi ***elipsoidală*** (cu coeficientul 0,666).

➢ **Gradul de insulozitate** este dat de suprafaţa insulelor din cuprinsul lacului. Se exprimă în % şi pentru calcularea sa se utilizează relaţia:

$$g_i = \frac{S_i}{S} 100,$$

unde: g_i – gradul de insulozitate; S_i – suprafaţa totală a insulelor; S – suprafaţa totală a lacului.

De exemplu, lacul Mälaren din Suedia are g_i = 36%, Lajo – 32% etc.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Care sunt principalele elemente morfologice ale lacurilor?*
2. *Să se enumere şi caracterizeze elementele morfometrice ale lacurilor.*
3. *Ce se înţelege prin curbă batimetrică şi care este importanţa sa practică?*
4. *Ce exprimă curba volumetrică şi la ce serveşte ea?*

---

23. DINAMICA APELOR DIN LACURI

Pe suprafaţa lacurilor se pot observa, în funcţie de factorul care le generează, mişcări permanente şi mişcări periodice.

23.1. MIŞCĂRILE PERMANENTE

Mişcările permanente includ curenţii orizontali generaţi de imisarii sau afluenţii lacurilor. Intensitatea lor variază în funcţie de volumul şi adâncimea lacurilor, precum şi în funcţie de viteza şi debitul curentului. În cazul lacurilor care au un volum, suprafaţă şi adâncime mari, iar debitul care se varsă este mic, pe spaţiul lor se formează un curent redus ca mărime şi viteză. Pe măsură ce apele imisarului înaintează în lac, curentul de apă îşi reduce viteza, îşi schimbă direcţia şi se înscrie pe o linie sinuoasă, urmărind regiunea cu cea mai mică adâncime, adică acolo unde rezistenţa stratelor este cea mai redusă. Curentul de apă transportă totodată o anumită cantitate de aluviuni pe care o depune neuniform, dar care în acelaşi timp imprimă apei o culoare mai închisă, galben-negricioasă (lacurile Ursu, Lia, Gâlcescu, Custura Mare, Lacul Roşu etc.).

În cazul când lacul are suprafaţa şi adâncimea restrânse, iar afluentul care se varsă are un debit mare de apă, atunci ia naştere un curent cu o direcţie mai stabilă şi o viteză ceva mai mare.

În afara curenţilor orizontali, masa de apă a unui lac mai este afectată de curenţi ce se manifestă pe verticală, datorită diferenţelor de temperatură şi densitate între diferitele orizonturi.

23.2. MIŞCĂRILE PERIODICE

Mişcările periodice sau temporare se manifestă prin manifestarea unor curenţi de origine eoliană, prin valuri şi prin seişe. Aceste mişcări rezultă îndeosebi din acţiunea vânturilor (eoliană).

➢ **Curenţii de origine eoliană** se formează pe lacurile cu dimensiuni mari, având direcţia vânturilor dominante. De exemplu, pe lacul Onega se formează un curent cu viteza între 0,03 şi 0,48 m/s, iar pe lacul Balhaş, în partea sa îngustă, sunt semnalaţi curenţi cu viteze foarte mari (1,3 m/s). Asemenea curenţi au mai fost identificaţi pe lacul Aral, pe Marile Lacuri Americane (fig. 23.1.). Pe suprafaţa unor lacuri s-au observat **curenţi** de scurtă durată, rezultaţi din **acţiunea mareelor.** Această categorie de curenţi a fost semnalată la lacul Léman de către Mercanton şi Dussart, în Marile Lacuri Americane de către Harris şi în lacul Aral de către L. Berg. Intensitatea şi viteza acestor curenţi sunt extrem de reduse şi greu de observat. Se menţin pe o durată scurtă de timp.

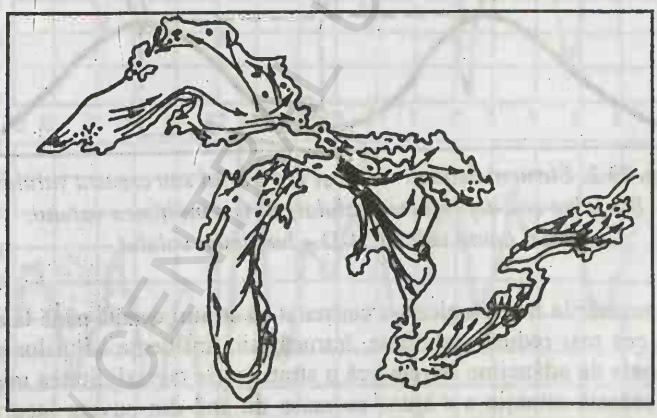


Fig. 23.1. *Mişcarea curenţilor de origine eoliană pe Marile Lacuri Americane (după E.G. Hutchinson).*

➢ **Valurile** din apa lacurilor se formează sub acţiunea directă a aerului în mişcare, adică a vântului. Pe suprafaţa lacurilor ia naştere o mişcare ondulatorie. Această mişcare are loc în straturile superficiale fără a imprima maselor lichide o deplasare pe orizontală.

Mişcarea apei provocată de vânt se manifestă pe verticală antrenând toate moleculele de apă de la suprafaţă până la adâncimi de 20-40 m. Moleculele de apă nu se deplasează, ci sub influenţa presiunii aerului efectuează mişcări uniforme pe orbite circulare situate pe planuri verticale.

Valurile cresc o dată cu viteza vântului, iar lângă fiecare val se observă o creştere a presiunii pe partea dinspre vânt şi o scădere a acesteia pe partea adăpostită de vânt.

Înălţimea valurilor depinde de dimensiunile lacurilor şi de intensitatea vântului. Pe lacurile cu suprafeţe şi adâncimi mai reduse, valurile au înălţimi mai mici. De exemplu, pe lacul Hubsugul se formează valuri de 2 m, pe lacul Léman de 1,7 m, iar pe lacul Razim de 1 m. În lacurile glaciare care au suprafaţa foarte mică, înălţimea valurilor este sub 1 m (Bucura, Zănoaga, Bâlea).

Valurile se caracterizează prin următoarele elemente (fig. 23.2.): ***creasta (vârful)***; ***talpa (depresiunea)***, care reprezintă partea sa inferioară; ***înălţimea***, care reprezintă distanţa dintre creasta şi depresiunea valului şi ***lungimea*** sau distanţa dintre două creste sau dintre două tălpi consecutive. Unghiul format de tangenta la profilul valului cu orizontala reprezintă ***panta*** valului. Intervalul de timp în cursul căruia valul parcurge o distanţă egală cu lungimea lui se numeşte ***perioada*** valului.

Valurile prezintă o deosebită importanţă deoarece exercită o mare influenţă în evoluţia morfologică a ţărmurilor lacustre. Sub acţiunea valurilor au loc profunde modificări în configuraţia falezelor şi a plajelor, cât şi a prispelor lacustre. De asemenea, valurile eoliene activează procesul de tulburare şi amestecare a apelor din cuveta lacurilor. Se realizează astfel, o mişcare de convecţie impusă, care se manifestă prin tulburarea stratelor de apă din orizontul superior şi care, de regulă, produce o instabilitate în distribuţia temperaturii şi a oxigenului.

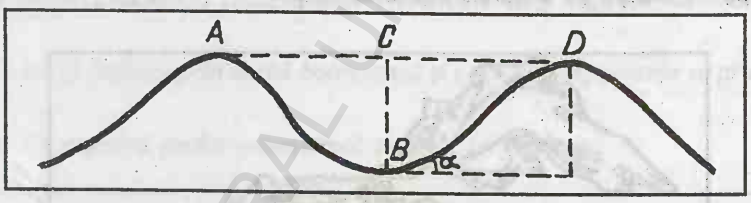


Fig. 23.2. *Elementele unui val: A şi D – vârful sau creasta valului; B – talpa sau depresiunea valului; B–C – înălţimea valului; a – panta valului; A-D – lungimea valului.*

Din cercetările limnologice s-a constatat că stratul de apă până la adâncimea de 1 m are cea mai redusă stabilitate, întrucât aici influenţa valurilor este foarte activă. În apele de adâncime se remarcă o stratificaţie cu stabilitatea mai mare. În funcţie de această situaţie s-a ajuns ca masa de apă din cuveta lacurilor să fie împărţită în trei orizonturi: **epilimnionul** sau stratul de suprafaţă; **hipolimnionul** sau stratul de adâncime; **mezolimnionul**, care face legătura între aceste două orizonturi.

➢ **Seişele** reprezintă mişcări oscilatorii care cuprind întreaga masă de apă a lacurilor, fiind generate, în principal, de variaţiile bruşte ale presiunii atmosferice de la suprafaţa lacului.

Punctul fix sau axul în jurul căruia oscilează oglinda apei se numeşte **nod**. Seişele pot avea unul sau mai multe noduri, în raport de mărimea lacurilor şi de cauzele care produc aceste oscilaţii. În funcţie de numărul nodurilor, seişele poartă denumirea corespunzătoare: **uninodale** (fig. 23.3. A), **binodale** (fig. 23.3. B), **trinodale**, **quadrinodale** etc. Seişele au fost studiate pe lacurile de mari dimensiuni din Elveţia (lacul Léman), Rusia (lacurile Baikal, Issâk Kul), S.U.A. lacul Michigan).

Fig. 23.3. *Seişe uninodale (A) şi seişe binodale (B).*

Din observaţiile făcute pe lacul Baikal de către L. K. Davîdov şi colab., rezultă că pe suprafaţa acestui lac se produc seişe cu perioada de 4 ore şi 35 minute şi cu variaţii de nivel ale apei de 5-7 cm (mai rar, amplitudinea nivelului poate înregistra 14 cm). Seişe asemănătoare, dar cu perioada mai scurtă, se semnalează pe lacul Issâk-Kul. Aici se formează seişe de tip uninodal cu perioada de 60 minute, iar apele au nivel ce oscilează între 6 şi 7 cm. În unii ani (1958), amplitudinea nivelului a înregistrat 32 cm (fig. 23.4.).

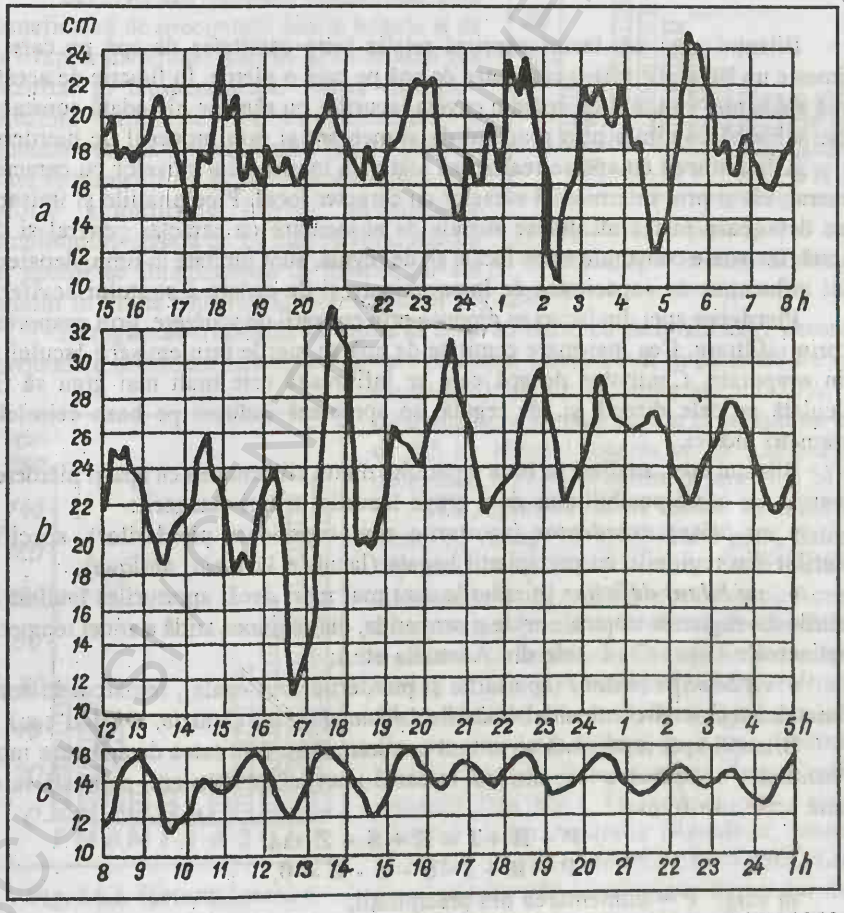


Fig. 23.4. *Variaţiile seişelor în lacul Issîk-Kul: a – 1-2.III.1950; b – 16.IX.1958; c – 3-4.III.1959 (după N.M. Arşenieva şi colab., 1963).*

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *În ce constau mişcările permanente ale apei lacurilor şi care sunt factorii care le generează şi influenţează?*

2. *Ce tipuri de mişcări periodice efectuează apa lacurilor şi care sunt factorii lor generatori?*

3. *Să se caracterizeze valurile şi să se prezinte rolul lor în desfăşurarea proceselor lacustre.*

24. BILANŢUL APEI DIN LACURI ŞI REGIMUL VARIAŢIILOR DE NIVEL

24.1. BILANŢUL APEI DIN LACURI

Bilanţul apei din lacuri exprimă relaţia între cantitatea de apă pe care o primeşte un lac (aporturi) şi cantitatea de apă pe care o pierde. În funcţie de aceste două elemente, volumul de apă din cuveta lacurilor nu rămâne niciodată constant, ci se schimbă continuu prin procesul de alimentare şi prin procesul de pierdere.

Alimentarea cu apă se realizează atât prin intermediul surselor cu caracter general, cât şi prin intermediul surselor cu caracter local. Precipitaţiile şi imisarii care debuşează în lac alcătuiesc sursele de alimentare cu caracter general şi de durată. Izvoarele constituie surse locale şi, de regulă, sunt limitate în timp, deoarece sunt influenţate de capacitatea de înmagazinare şi de cedare a stratului acvifer.

Pierderea apei din lacuri se produce prin emisarii de scurgere, prin evaporare şi prin infiltrare. Cea mai mare cantitate de apă se pierde prin emisarii lacului şi prin evaporare. Cantitatea de apă care se infiltrează este mult mai greu să fie calculată pe cale directă şi, de regulă, se apreciază indirect pe baza celorlalţi parametri hidrici.

Bilanţul apei, analizat pe baza raportului dintre alimentarea cu apă şi pierderea acesteia, ne oferă posibilitatea de a grupa lacurile în trei categorii:

- ***cu bilanţ excedentar*** (aporturile sunt superioare pierderilor), specific lacurilor din regiunile cu precipitaţii bogate (lacurile *Victoria, Malawi*);
- ***cu bilanţ deficitar*** (pierderile sunt mai mari decât aporturile) întâlnit la lacurile din regiunile tropicale aride şi semiaride, din regiunea aridă a zonei temperat continentale (lacul *Ciad,* cele din Australia etc.);
- ***cu bilanţ constant*** (aporturile şi pierderile sunt egale), remarcat în zona climatului temperat-continental (lacurile *Leman, Baikal, Ontario, Ohrida* ş.a.).

Bilanţul apei reprezintă un circuit continuu între cantitatea de apă care intră şi cantitatea de apă care iese din lac. În cazul unui bilanţ constant, expresia sa se poate scrie sub forma:

$$P + R + I = E + S + Z \text{ sau}$$
$$P + R + I - S - Z - E = 0,$$

în care: P = alimentarea din precipitaţii;
R = alimentarea din râuri;
I = alimentarea din izvoare;

E = pierderea apei prin evaporare;
S = pierderea apei prin emisari de scurgere;
Z = pierderea apei prin infiltrare.
Toţi parametrii bilanţului sunt exprimaţi în milimetri.

24.2. REGIMUL VARIAŢIILOR DE NIVEL

Nivelul apei din lacuri se caracterizează prin importante variaţii zilnice, lunare, anotimpuale sau anuale. Ele reflectă, de fapt, regimul de alimentare sau de pierdere a apei din lac, care se află în strânsă dependenţă de condiţiile climatice. Din această cauză, variaţiile de nivel prezintă anumite particularităţi de la o zonă la alta. În acest context, putem deosebi variaţii de nivel din lacurile situate în zonele calde, temperate şi reci.

➢ **În zona caldă** variaţiile de nivel se află sub directa influenţă a condiţiilor climatice, care se caracterizează prin precipitaţii bogate, ce diferă din punct de vedere cantitativ de la regiunea ecuatorială la cea tropicală.

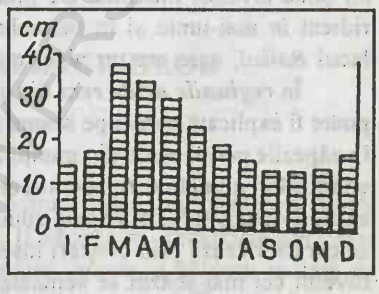


Fig. 24.1. *Variaţia lunară a nivelului apei în lacul Victoria.*

Lacurile din regiunea ecuatorială, care beneficiază de precipitaţii foarte bogate şi de o evapotranspiraţie intensă şi constantă (ca rezultat al temperaturilor foarte ridicate), prezintă variaţii de nivel cu amplitudini, în general reduse. De exemplu, lacul *Victoria*, care se alimentează în cea mai mare parte din ploile ecuatoriale (86%), prezintă o amplitudine anuală de 20 cm. Nivelul maxim al apelor se înregistrează în martie, iar cel minim în lunile septembrie şi octombrie) (fig. 24.1.)

În regiunile tropicale, variaţiile de nivel au valori cu mult mai mari, deoarece perioadele secetoase alternează cu cele ploioase. Lacul *Ciad*, în perioada de vară (secetoasă), scade în suprafaţă cu 50%, iar diferenţa între nivelul maxim şi cel minim este de 1,5 m. Nivelul maxim se înregistrează în decembrie, iar nivelul minim în iulie (fig. 24.2.).

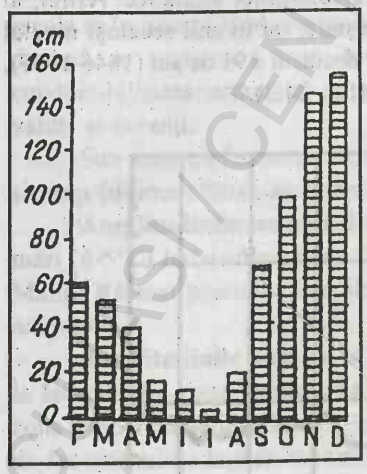


Fig. 24.2. *Variaţia lunară a nivelului apei în lacul Ciad (după datele lui A. Guilcher).*

În regiunile aride calde se întâlnesc lacuri cu variaţii de nivel foarte mari, datorită faptului că afluenţii care contribuie la alimentarea lor în sezonul secetos seacă. Această situaţie este specifică la *shot*-urile din Sahara algeriană şi tunisiană, denumite de arabi şi *sebkha* (*Chott ech Chergui, Chott et Hodna, Chott Melrhtr, Chott el Djerid*), la *pan*-urile din deşerturile Kalahari şi Karro (lacurile: *Ngami, Bloauw Pan, Konnes Pan, Commissioners Pan* etc.), la lacurile din Arizona (*Susuta*) şi din Australia (*Amadeus, Mackay, Carnegie, Barlee, Moore, Carey* etc.). Lacul *Eyre*, care se află la marginea deşertului Simpson (Australia) îşi reduce suprafaţa, în decurs de un an, cu circa 75%.

➢ **În zona temperată variațiile de nivel ale lacurilor** sunt influențate de evoluția temperaturilor și de regimul de alimentare, care poate fi pluvio-nival, nivo-pluvial, iar în unele cazuri nivo-glaciar. În funcție de acești parametri hidroclimatici, nivelul apelor prezintă oscilații importante de la un anotimp la altul. Iarna, când temperaturile sunt scăzute, iar precipitațiile sunt reduse și apar mai mult sub formă de zăpadă, nivelul lacurilor scade la cote minime. Primăvara, în urma creșterii temperaturii aerului, zăpezile se topesc, ploile devin mai abundente și, în consecință, lacurile înregistrează nivelurile maxime. De exemplu, menționăm lacurile din colinele Pomeraniei (*Drawsko, Lubie*), din colinele Mazuriene (*Sniardwy Manry, Wygry*), lacurile *Balaton, Neusiedl, Babadag, Balta Albă* etc. Vara, în urma creșterii temperaturii și a evaporării, nivelul lacurilor scade, iar toamna, în funcție de evoluția precipitațiilor, acesta staționează sau prezintă creșteri ușoare.

Unele lacuri, datorită surselor de alimentare, evoluează în decurs de un an cu două niveluri maxime. De pildă, lacul *Boden* (Constanța) are nivelul cel mai ridicat în mai-iunie și în octombrie. O situație asemănătoare se întâlnește și în lacul *Baikal*, care are un nivel maxim de primăvară și altul de toamnă.

În ***regiunile aride reci*** din zona climatului temperat, prezența apei în lacuri poate fi explicată numai pe seama râurilor care le alimentează și care-și au originea în zăpezile permanente din munții înalți. De exemplu, lacul *Aral*, aflat sub influența condițiilor climatice temperat-continentale excesive, se alimentează aproape în exclusivitate (91%) din apele aduse de fluviile Sârdaria și Amudaria. Nivelul apei se caracterizează prin creșteri însemnate în lunile de vară (iunie-august). Apele cu nivelul cel mai scăzut se semnalează iarna.

➢ În cazul lacurilor situate **la limita zonelor reci,** nivelurile maxime se înregistrează primăvara, iar cel minim iarna. Este cazul lacurilor din Canada și nordul Europei (*Winnipeg, Churchill, Onega, Ladoga ș.a.*).

În afară de variațiile sezoniere, s-a constatat că lacurile prezintă oscilații cu caracter multianual. Acestea reflectă influența condițiilor climatice. Astfel, în anii ploioși nivelul apelor se află în continuă creștere, iar în anii secetoși nivelul scade continuu. De exemplu, lacul *Tanganyika*, în decursul a 91 de ani (1846-1937), a evoluat cu variații de nivel foarte neregulate (fig. 24.3).

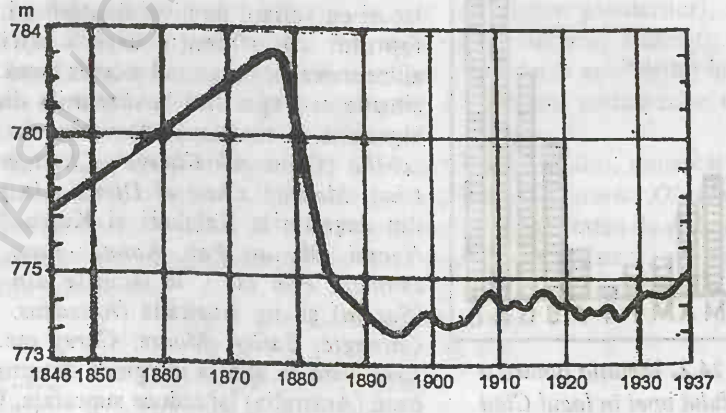


Fig. 24.3. *Variațiile nivelului apei în lacul Tanganyika între anii 1846 și 1937.*

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se precizeze şi comenteze ecuaţia bilanţului apei lacurilor.*
2. *Să se definească noţiunile de bilanţ excedentar, bilanţ deficitar şi bilanţ constant şi să se menţioneze regiunile în care se întîlnesc lacuri cu fiecare din cele trei tipuri de bilanţ.*
3. *Care sunt principalii factori care determină variaţia nivelului apei din lacuri şi cum variază nivelurile în funcţie de situarea geografică a lacurilor în diferite zone climatice?*

25. TEMPERATURA APEI LACURILOR

25.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Temperatura lacurilor este influenţată de acţiunea mai multor factori, dintre care unii contribuie la încălzirea apei, iar alţii la răcirea ei. Încălzirea apei este consecinţa acţiunii asupra lacului a radiaţiei solare directe, a căldurii radiate de atmosferă, a aportului caloric al surselor de alimentare (afluenţi, izvoare, precipitaţii), precum şi a căldurii radiate de malurile şi de fundul cuvetei etc. Procesul de pierdere a căldurii are loc prin iradierea apei, prin emisarii de scurgere, prin infiltrare, fiind influenţat de scăderea temperaturii aerului şi a zonei de uscat învecinate, dar şi de sursele de alimentare cu temperaturi mai scăzute. Rolul primordial în modificarea temperaturii apei lacurilor revine condiţiilor climatice locale şi în primul rând, variaţiilor termice ale aerului. Încălzirea şi răcirea masei de apă se realizează prin două procese: de **convecţie liberă,** adică prin conductibilitatea termică şi de **convecţie impusă** sau amestecul apei generat de valuri şi curenţi.

Sub acţiunea factorilor menţionaţi, temperatura apei lacurilor variază în spaţiu şi timp (diurnal, lunar, anotimpual).

Amplitudinile termice diurne ale lacurilor la suprafaţa apei sunt ceva mai mari (4-5°C) la lacurile situate în regiunile muntoase înalte (ex. lacul Bucura din Munţii Retezat prezintă în lunile de vară o diferenţă termică de 3-4°C între zi şi noapte).

Amplitudinile termice sezoniere se caracterizează prin valori mici (1-2°C) la lacurile din zona intertropicală şi prin valori foarte mari la lacurile situate în zona temperată. Iarna, marea majoritate a lacurilor din zona temperată sunt afectate de fenomenul de îngheţ, iar temperatura apei atinge valori minime, de 0°C. Vara se înregistrează temperaturile maxime absolute ale apei lacurilor. Ele depăşesc 15 - 20°C (*Baikal* 19°C, *Léman* 25°C, *Holsfjord* din Norvegia 16,5°C, *Lacul Roşu* 20°C, *Izvorul Muntelui* 20°C, *Razim* 30°C, *Snagov* 28°C, *Babadag* 30°C).

25.2. TIPURI DE STRATIFICAȚIE TERMICĂ A LACURILOR

Temperatura apei lacurilor este variabilă pe verticală, în funcție de zona climatică în care este situat lacul, de adîncimea apei, de unele condiții locale. Principalele tipuri de stratificații termice ce se pot produce în cazul lacurilor sunt: stratificație termică directă, stratificație termică inverse, homotermia, mezotermia și dohotermia.

➢ **Stratificația termică directă** se caracterizează prin scăderea temperaturii de la suprafață către fundul apei (fig. 25.1. A). Este specifică lacurilor din regiunea temperată în perioada de vară, a celor din zona climatului temperat-oceanic în sezonul cald și a lacurilor din zona intertropicală tot timpul anului.

➢ **Stratificația termică inversă** constă în creșterea temperaturii apei de la suprafață către fundul lacului (fig. 25.1. B). Se produce în anotimpul de iarnă în cazul lacurilor din zona temperată și în sezonul rece la lacurile din zona climatului rece.

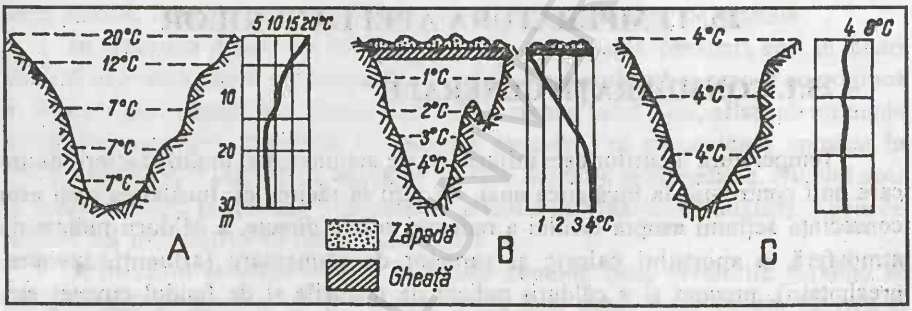


Fig. 25.1. *Tipuri de stratificații termice: A – stratificație termică directă; B – stratificație termică inversă; C – fenomenul de homotermie.*

➢ **Homotermia** presupune existența unei temperaturi uniforme pe verticală (fig. 25.1. C).

Acest tip de stratificație termică se întâlnește în anotimpurile de tranziție (primăvară și toamnă) la lacurile din regiunea temperată, ca urmare a intensificării proceselor de convecție liberă și impusă. Temperatura apei este de aproximativ 4°C. Homotermia este caracteristică și lacurilor situate în zona climatului temperat-oceanic în sezonul rece, în timp ce lacurile din zona rece prezintă această structură termică în sezonul de vară.

➢ **Mezotermia** constă în prezența unui orizont cu apă mai caldă intercalat între două straturi cu temperaturi mai scăzute. Acest fenomen a fost semnalat la unele lacuri cu un grad mai ridicat de salinitate, situate, de regulă, pe masive de sare: lacul *Ursu* (de la Sovata) și *Lacul Dulce* de la Telega (județul Prahova) (fig. 25.2.).

➢ **Dihotermia** este un fenomen mai rar ce presupune existența unui strat de apă mai rece situat între două orizonturi mai calde. Asemenea fenomen a fost remarcat pe lacul *Sinmiyo* din Japonia (fig. 25.3.) de către S. Yoshimura și pe lacul *Ritom* (Elveția), de către L. Collet.

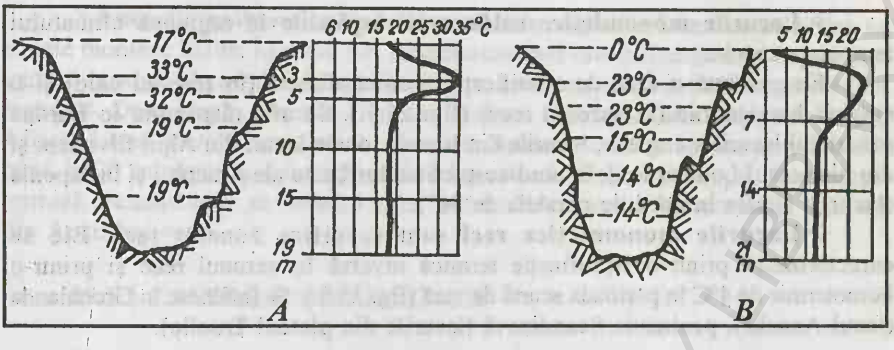


Fig. 25.2. *Fenomenul de mezotermie în lacul Ursu de la Sovata (A) şi în lacul Dulce de la Telega – Prahova (B).*

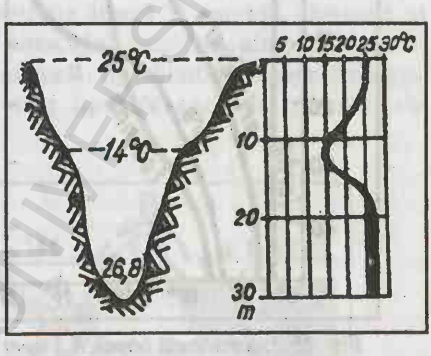


Fig. 25.3. *Fenomenul de dihotermie în lacul Sinmiyo din Japonia.*

25.3 TIPOLOGIA LACURILOR ÎN FUNCŢIE DE STRATIFICAŢIA TERMICĂ

25.3.1. LACURILE HOLOMICTICE

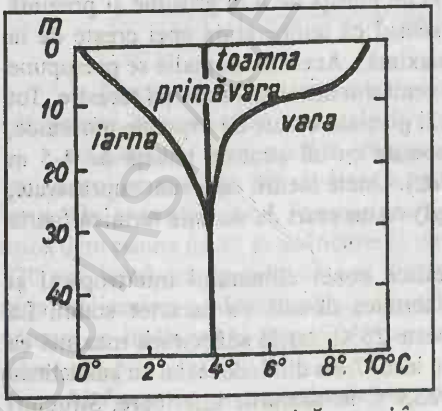


Fig. 25.4. *Structura termică a apei în lacurile dimictice.*

În funcţie de distribuţia temperaturii apei pe verticală şi de caracteristicile stratificaţiilor termice pe care le prezintă, lacurile au fost grupate în mai multe tipuri: dimictice, monomictice calde, monomictice reci, amictice, ologomictice, polimictice. Ansamblul acestor lacuri formează marea grupă de **lacuri holomictice.**

➢ **Lacurile dimictice** se caracterizează printr-o evoluţie cu două stratificaţii termice (directă vara şi inversă iarna) şi cu două homotermii (primăvara şi toamna, cu temperaturi de cca. 4°C) (fig. 25.4.). Ele sunt specifice regiunii temperat-continentale.

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITY LIBRARY

➢ **Lacurile monomictice calde** sunt răspândite în regiunea climatului temperat-oceanic.

Ele prezintă o fază de stratificație termică directă (în sezonul cald) și o singură homotermie (în sezonul rece) (fig. 25.5.). Se află răspândite în Europa (districtul lacurilor engleze, lacurile din Irlanda, unele lacuri din Alpii Elveției și din piemontul Lombardiei), în nord-vestul Statelor Unite ale Americii și în Japonia (lacurile situate la nord de paralela de 36°).

➢ **Lacurile monomictice reci** sunt specifice zonelor reci. Ele se caracterizează printr-o stratificație termică inversă în sezonul rece și printr-o homotermie de 4°C în perioada scurtă de vară (fig. 25.6.). Se întâlnesc în Groenlanda (lacul Anneks), peninsula Scandinavă (lacurile din platoul Truollo).

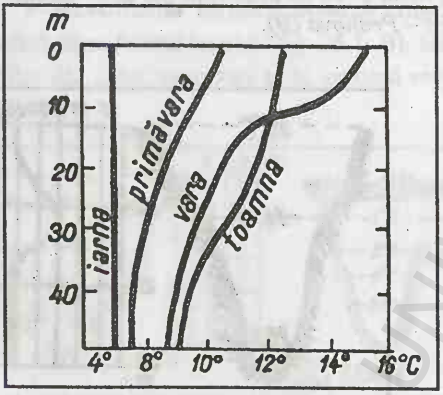


Fig. 25.5. *Structura termică a apei în lacurile monomictice calde.*

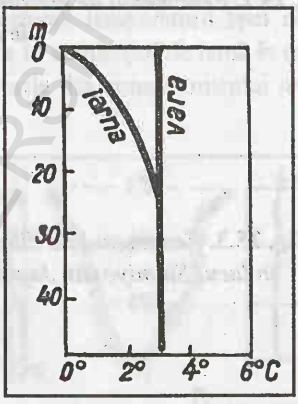


Fig. 25.6. *Structura termică a apei în lacurile monomictice reci.*

➢ **Lacurile amictice** au fost semnalate tot în climatul rece, polar. În cazul lor nu se poate distinge o stratificație termică. Unele lacuri prezintă la suprafață un strat gros de gheață, iar în adâncime pot avea apă mai caldă. De exemplu, lacul *Vanda* din Antarctica (de origine tectonică), cu suprafața de circa 15 kmp și adâncimea de 70 m este acoperit cu un pod de gheață de 4 m grosime și prezintă o structură termică foarte interesantă, în sensul că temperatura apei crește de la 0°C (suprafață) până la 24°C (adâncimea maximă). Această anomalie se presupune că ar rezulta din acțiunea unui flux termic venit din interiorul scoarței terestre. Tot în Antarctica, în Țara Victoria, pe câteva văi glaciare barate de depozite morenice, s-au format lacuri cu adâncimi mari, acoperite cu un strat de gheață de 4-5 m grosime (lacurile *Miers, Figurnoie, Koettlitz*). Unele lacuri, care sunt suprasărate, nu îngheață. Așa este lacul *Vestföld* (270 g/l) cu un ecart de variație termică foarte mare (+ 8°C vara și – 20°C iarna).

➢ **Lacurile oligomictice** sunt specifice zonei climatului intertropical și prezintă tot timpul anului o stratificație termică directă cu caracter stabil. La suprafață temperatura apei este de peste peste 25°C, iar la adâncimea maximă ea nu scade decât cu câteva grade. De exemplu, lacul *Toba* din Indonezia, cu adâncimea de 450 m, are 26,4°C la suprafața apei și 23,9°C în straturile inferioare. Structuri asemănătoare se întâlnesc și la unele lacuri din Africa (*Ciad, Malawi, Mobutu Sésé Seko* ș.a.).

➢ **Lacurile polimictice** se întâlnesc tot în regiunile intertropicale, dar în zonele montane înalte. În cazul lor, temperatura apei este influențată de importante variații termice ale aerului de la zi la noapte, care determină o stratificație directă instabilă. De exemplu, lacurile *Victoria, Turkana (Rudolf), Tana, Stefanie* etc. din Africa. Lacul *Victoria* prezintă o circulație foarte intensă a apelor pe verticală, până la 20 m, datorită diferențelor de temperatură între zi și noapte. O evoluție termică asemănătoare se remarcă și în lacurile *Valencia* din Venezuela și *Titicaca* din Anzii bolivieni.

25.3.2. LACURILE MEROMICTICE

Lacurile meromictice alcătuiesc o categorie aparte de lacuri, atât prin prin structura lor termică pe verticală, cât și procesul de circulație a apelor. Lacurile meromictice prezintă două straturi de apă. Unul superior, în care are loc o circulație normală a apelor prin mișcările de convecție liberă și impusă, denumit și **mixolimnion**, și altul inferior, lipsit de circulație, numit **monimolimnion.** În mixolimnion se dezvoltă o viață acvatică normală, în schimb în monimolimnion, denumit și stratul de „tip euxinic", viața lipsește aproape în totalitate (fig. 25.7. A).

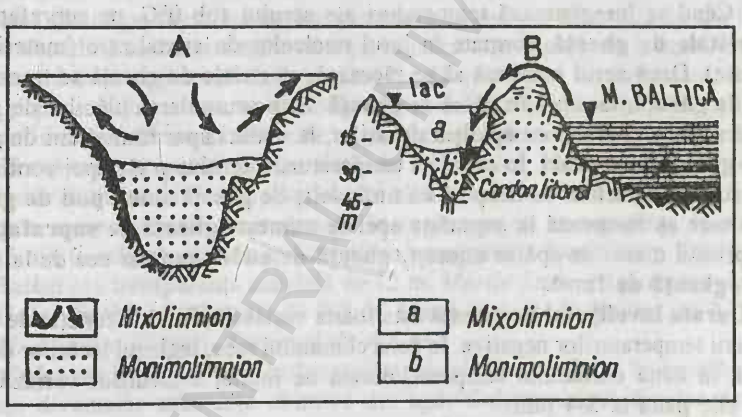


Fig. 25.7. *Lac meromictic (A) și lac meromictic ectogenic – lacul Hemmelsdorfer din Germania (B) (schiță).*

În funcție de geneza lor, lacurile meromictice se împart în lacuri meromictice ectogenice, meromictice crenogenice și meromictice biogenice.

a) ***Lacurile meromictice ectogenice*** au stratul de apă sărată (cu densitatea mai mare) ce provine din revărsarea apelor marine, de obicei la distanțe mari de timp. De exemplu, lacul *Hemmelsdorfer* de lângă Lübeck (Germania) ocupă o mică depresiune de 45 m adâncime la țărmul Mării Baltice. La un interval de circa 120 ani, lacul este inundat cu apă din Marea Baltică. Astfel, ia naștere stratul de monimolimnion cu densitatea și salinitatea mai mare (fig. 25.7.B). Lacuri asemănătoare se întâlnesc în Japonia (*Harutoriko*), Filipine (*Seit*), S.U.A. (*Marele Lac Sărat* din Nevada) etc.

b) ***Lacurile meromictice crenogenice*** reprezintă categoria de lacuri care se alimentează prin surse de apă dulce, dar și din izvoare cu apă mai sărată și mai densă. În aceste lacuri, cu timpul se diferențiază cele două straturi de apă: mixo-

şi monimolimnionul. Ca exemplu pot fi date lacurile *Ritom* din Elveţia, *Girotte* din Franţa şi *Ulmenermaar* din Germania, *Sinmiyo* şi *Miyako* din Japonia.

c) ***Lacurile meromictice biogenice*** sunt mai frecvente decât celelalte două tipuri, iar geneza stratului de monimolimnion este legată de prezenţa sărurilor provenite din apele afluenţilor, din procesul de evaporare, din descompunerea organismelor etc. La unele lacuri, acest strat are o grosime mare, o salinitate ridicată şi foarte adesea este însoţit de H_2S. Hidrologii îl numesc „orizont de tip euxinic", întrucât viaţa este aproape absentă (lacurile *Malawi, Tanganyika* din Africa; *Worthersee, Millstättersee, Zellersee, Hallstattersee* din Austria; *Mary* din Wisconsin). Stratul de mixolimnion prezintă o circulaţie normală şi are grosimi reduse (*Malawi* şi *Tanganiyka*, circa 200 m).

25.4. REGIMUL DE ÎNGHEŢ ŞI DE DEZGHEŢ AL LACURILOR

Majoritatea lacurilor situate în zona climatului temperat-continental îngheaţă în sezonul rece al anului, iar cele aflate în zona de climă rece îngheaţă un timp de 9-10 luni. Unele din ele rămân îngheţate tot timpul anului.

Procesul de îngheţ al lacurilor are un caracter complex şi depinde de temperaturile negative ale aerului, precum şi de proprietăţile fizice şi chimice ale apelor. Când se înregistrează temperaturi ale aerului sub 0°C, pe suprafaţa apei apar **cristale de gheaţă**, formate în jurul nucleelor de cristalizare (materiale în suspensie). Dacă aerul continuă să se răcească, cristalele de gheaţă se transformă în **ace de gheaţă**, iar apoi în **plăci de gheaţă**. Prin acumularea plăcilor de gheaţă ia naştere **sloiul**. Paralel cu apariţia sloiurilor, la maluri apar formaţiuni de gheaţă numite **gheaţă de maluri**. În cazul că temperaturile aerului şi ale apei continuă să scadă, suprafaţa lacului se acoperă cu un înveliş de gheaţă numit **pod de gheaţă**. Gheaţa care se formează la suprafaţa apei se numeşte **gheaţă de suprafaţă**, cea din cuprinsul masei de apă se numeşte **gheaţă de adâncime**, iar cea de la fundul lacului, **gheaţă de fund**.

Durata învelişului de gheaţă este foarte variabilă, fiind în funcţie de durata menţinerii temperaturilor negative. În zona climatului rece, îngheţul lacurilor durează 10 luni, în zona climatului temperat, durata de îngheţ a lacurilor variază de la câteva zile până la 3-4 luni.

În ţara noastră, lacurile situate la peste 1500 m îngheaţă pe o durată de 180-200 zile. Lacurile de câmpie au o durată mai scurtă de îngheţ (40-50 zile).

Dezgheţul are loc primăvara, o dată cu creşterea fluxului de căldură. Mai întâi se topeşte zăpada, iar apoi, sub influenţa razelor solare, partea superioară a podului de gheaţă se înmoaie, începe să se topească şi cu timpul gheaţa devine din ce în ce mai poroasă. Apa rezultată din topirea gheţii pătrunde prin pori şi o sparge în bucăţi de sloiuri care plutesc şi se topesc treptat.

? *ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE*

1. *Care sunt factorii care influenţează temperatura apei lacurilor?*

2. *Să se enumere şi caracterizeze tipurile de stratificaţie termică a apei lacurilor şi să se realizeze schiţa corespunzătoare fiecărui tip.*

3. *Ce se înțelege prin lacuri holomictice și prin ce se caracterizează fiecare tip?*

4. *Ce sunt lacurile meromictice și de câte feluri pot fi?*

5. *Ce forme de îngheț se pot produce în apa lacurilor?*

---

26. CARACTERISTICI FIZICE ȘI CHIMICE ALE APEI LACURILOR

26.1. TRANSPARENȚA ȘI CULOAREA APEI DIN LACURI

Transparența constituie o importantă proprietate fizică a mediului acvatic lacustru. Depinde în mare măsură de cantitatea materialelor aflate în suspensie și dizolvate, de modul de alimentare a lacurilor. Pentru caracterizarea transparenței se utilizează frecvent coeficientul de transparență și transparența relativă.

Coeficientul de transparență reprezintă un raport între cantitatea de energie luminoasă căzută pe suprafața apei și cantitatea de energie absorbită de apa lacului. Energia absorbită se transformă în energie calorică care contribuie la încălzirea apei. Coeficientul de transparență se determină cu diferite tipuri de fotometre. Lacurile curate și puțin tulburate au un coeficient de transparență mare (60-70%), iar cele care sunt intens colorate și tulburate au coeficientul de transparență redus (40%).

Transparența relativă este dată de adâncimea până la care se observă contururile *discului lui Secchi*, de culoare albă și cu diametrul de 30 cm. Lacurile care au o mare cantitate de materiale în suspensie au transparența foarte mică (0,2-0,3 m), în schimb cele cu apa curată au transparența foarte mare. De exemplu, lacul *Baikal* are transparența maximă de 42 m, *Marile Lacuri Americane* de 12 m, lacul *Galeș* din Munții Retezat de 9,2 m, *Lacul Ursu* de la Sovata de 2,1 m, iar lacul *Sf. Ana* din Carpații Orientali de 4,5 m.

Culoarea lacurilor este influențată de condițiile mediului înconjurător și de prezența diverselor substanțe chimice din apă. Culoarea apei din lac este însă foarte variată. F. A. Forel, pentru a o putea stabili, a alcătuit pentru prima dată o scară colorimetrică, bazată pe combinarea în diferite proporții a sulfatului de cupru amoniacal (de culoare albastră) cu cromatul neutru de potasiu (de culoare galbenă). Prin combinarea acestor două soluții, s-a obținut o gamă de 21 culori cu nuanțe de la albastru la galben-verzui, până la galben-brun închis. Culoarea apei se stabilește privind vertical deasupra discului lui *Secchi* introdus în apă la jumătate din adîncimea de transparență și comparând culoarea astfel observată cu eșantioanele scării colorimetrice.

26.2. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A LACURILOR ȘI CLASIFICAREA ACESTORA DUPĂ GRADUL DE MINERALIZARE

Compoziția chimică a apei din lacuri este alcătuită din ioni (HCO_3^- Ca^{++}, Mg^{++}, SO_4^{--}, Cl^-, Na^+, K^+) și câțiva compuși chimici aduși în cuvetă sub formă de coloizi și gaze. Substanțele chimice se formează în cuveta lacurilor prin

dizolvarea sărurilor aflate în granulele rocilor, prin descompunerea mâlurilor sau prin descompunerea în elemente biogene a unor materii organice, alcătuind ***grupa substanţelor chimice de origine autohtonă.*** O altă grupă de substanţe, ***de origine alohtonă,*** ajunge în lacuri prin intermediul izvoarelor, al apelor de şiroire, al imisarilor şi prin acţiunea omului.

Lacurile, în funcţie de gradul de mineralizare a apelor, au fost împărţite în două categorii: lacuri cu apă dulce şi lacuri cu apă sărată.

➢ **Lacurile cu apă dulce** au o salinitate foarte redusă, de regulă mai mică de 1000 mg/l. Se află răspândite în zonele de climă temperată şi rece, precum şi în climatul regiunii ecuatoriale. Salinitatea scăzută a lacurilor dulci este explicată de influenţa ce o exercită gradul de pluviozitate, care are un caracter excedentar şi procesul de evaporare care, în general, prezintă valori reduse. Dintre lacurile cu apă dulce, menţionăm: *Vänern* (16,2 mg/l), *Onega* (39,3 mg/l), *Baikal* (94,2 mg/l), *Erie* (187,4 mg/l), *Michigan* (167,4 mg/l), *Tanganyika* (598,4 mg/l), *Titicaca* (893 mg/l). De asemenea, lacurile glaciare au o salinitate extrem de redusă, sub 50 mg/l (*Zănoaga, Bucura, Bâlea, Capra, Podragu, Câlcescu, Slăveiu, Netiş, Buhăescu, Lala Mare* ş.a.).

➢ **Lacurile cu apă sărată** se împart, de obicei, în două categorii, în funcţie de gradul lor de mineralizare: lacuri cu apă salmastră şi lacuri cu apă sărată propriu-zisă. ***Apa salmastră*** are o salinitate ce variază între 1 şi 24,7 g/l. ***Apa sărată*** are o salinitate mai mare de 24,7 g/l. Limita de 24,7 g/l dintre apele salmastre şi cele sărate s-a stabilit în raport de faptul că la acest grad de mineralizare apele au temperatura densităţii maxime şi temperatura de îngheţ la -1,33°C. Dacă salinitatea lacurilor este mai mică de 24,7 g/l, prin răcire continuă, apa lor atinge mai întâi temperatura densităţii maxime şi apoi îngheaţă. În cazul că salinitatea este mai mare de 24,7 g/l, apa va îngheţa înainte ca să ajungă la punctul densităţii maxime.

Lacurile sărate sunt situate în regiunile tropicale şi aride, unde gradul de umiditate este redus, iar procesul de evaporare este foarte intens. *Marea Moartă,* cu suprafaţa de 940 kmp şi adâncimea de 400 m, are apa cea mai sărată (288 g/l la 50 m, 315 g/l la 150 m, 325 g/l la peste 150 m). Salinităţi foarte ridicate prezintă lacurile *Tuz* (329 g/l) şi *Acituz* (428 g/l) (ambele din Turcia), *Marele Lac Sărat* (266,5 g/l) din S.U.A.. Cu salinităţi mai reduse se înscriu lacurile: *Aral* (8,8 g/l), *Marea Caspică* (12,8 g/l), *Eyre* (38,5-209 g/l), *Van* (22,9 g/l), *Urmia* (14,1 g/l), *Balhaş* (5,2 g/l) şi câteva lacuri din Câmpia Română şi Dobrogea (*Movila Miresii* 137 g/l, *Lacul Sărat* 83,9 g/l, *Techirghiol* 95,5 g/l ş.a.).

Lacurile cantonate pe masivele de sare, indiferent de influenţa condiţiilor climatice, se caracterizează printr-o mare concentraţie de săruri (*Baia Miresii* de la Slănic, jud. Prahova - 317 g/l, *Lacul Ursu* de la Sovata - 260 g/l, *Lacul Durgău* de la Turda - 225 g/l, Lacul *Avram Iancu* de la Ocna Sibiului - 178 g/l, *Lacul Sărat* de la Ocna Dejului - 260 g/l ş.a.).

Unii hidrochimişti împart lacurile sărate, în raport de o anumită concentraţie în săruri, după cum urmează: ***lacuri cu apă dulce,*** cu salinitate între 0,1 şi 0,5 g/l (*Léman, Superior, Michigan, Victoria, Baikal, Onega, Zănoaga*); ***lacuri cu apă oligohalină,*** cu salinitatea între 0,6 şi 5 g/l (*Titicaca, Tanganyika, Balaton, Mangalia*); ***lacuri cu apă mezohalină,*** cu salinitate între 5,1 şi 16 g/l (*Balhaş, Aral, Caspica, Urmia*); ***lacuri cu apă polihalină,*** cu concentraţia sărurilor între 16,1 şi 40 g/l (*Van, Amara-Slobozia* etc.) şi ***lacuri cu apă hiperhalină,*** care au salinitatea mai mare de 40 g/l (*Marele Lac Sărat, Marea Moartă, Tuz, Movila Miresii, Lacul Ursu* ş.a.).

Unii limnologi (L. Collet, L. K. Davîdov, O. Alekin etc.) clasifică lacurile şi în funcţie de ionii dominanţi, stabilind trei clase principale de lacuri: bicarbonatate, sulfatate şi clorurate. Fiecare clasă se subdivide la rândul său, după cationul cel mai important, în trei grupe: de calciu, de magneziu şi de sodiu.

➢ **Lacurile bicarbonatate** sunt răspândite în regiunile cu umiditate mai bogată şi în conţinutul lor predomină ionul bicarbonic (HCO_3^-). De exemplu, lacurile *Léman, Ohrida, Onega, Baikal*, aparţin de clasa apelor bicarbonatate calcice, iar *Victoria, Malawi, Tanganyika*, de clasa lacurilor bicarbonatate sodice.

➢ **Lacurile sulfatate** sunt ceva mai rare şi se află răspândite în regiuni cu ariditate ridicată: lacurile *Kuciuk şi Kulundin* din Rusia, *Redberry* (Saskatchewan-Canada) şi *Little Manitou* (Ontario).

➢ **Lacurile clorurate** se caracterizează printr-o salinitate foarte mare şi sunt situate în regiunile aride şi semiaride. Lacurile *Urmia, Tuz, Aral, Marele Lac Sărat, Marea Moartă* etc. sunt considerate lacuri clorurate sodice.

26.3. GAZELE DIN APA LACURILOR

În apa lacurilor, pe lângă sărurile minerale, se află dizolvate şi gaze, cum ar fi: oxigenul (O_2), dioxidul de carbon (CO_2) şi hidrogenul sulfurat (H_2S). Concentraţia gazelor în apă este legată de evoluţia temperaturii apei, de salinitatea acesteia, de presiunea parţială a gazului deasupra apei, de intensitatea proceselor biologice. Solubilitatea gazelor creşte pe măsură ce temperatura şi salinitatea apei scad şi pe măsură ce presiunea se măreşte.

➢ **Oxigenul** (O_2) se găseşte dizolvat în apa lacurilor şi provine din atmosferă, precum şi în urma procesului de fotosinteză a plantelor acvatice. Cantitatea cea mai mare de oxigen se află în orizontul superior (epilimnion) de unde, sub influenţa mişcării de convecţie liberă şi impusă, se răspândeşte spre straturile de adâncime. Concentraţia de oxigen din apa lacurilor este invers proporţională cu distribuţia temperaturii şi salinităţii. Lacurile dulci, în sezonul cald, în condiţiile unor temperaturi normale şi ale unui proces de fotosinteză foarte activ, realizează un procent maxim de saturaţie în oxigen, surplusul fiind eliminat în atmosferă. Primăvara şi toamna, când lacurile se află în faza de homotermie, oxigenul are o distribuţie relativ uniformă, pe verticală. De regulă, apa lacurilor la temperatura de 4°C conţine 13 mg/l O_2. Iarna, prin întreruperea procesului de fotosinteză şi prin reducerea pătrunderii oxigenului din atmosferă, din cauza îngheţului, cantitatea oxigenului este foarte redusă.

Pe verticală, concentraţia oxigenului scade, în general, pe măsură ce creşte adâncimea lacului (fig. 26.1.).

➢ **Dioxidul de carbon** (CO_2) se găseşte răspândit în toată masa de apă, iar cantitatea lui creşte de la suprafaţă către adâncimea maximă (fig. 26.1.). Pierderea acestui gaz are loc prin emanarea directă în atmosferă şi prin consumul realizat în procesul de fotosinteză.

➢ **Hidrogenul sulfurat** (H_2S) se formează prin procesul de descompunere a materiilor organice şi se află răspândit în straturile inferioare ale lacurilor lipsite, în general, de o aerisire a apelor. Se dezvoltă mai frecvent în lacurile hiperhaline (*Marea Moartă*) sau în lacurile meromictice (*Malawi, Tanganyika* din Africa).

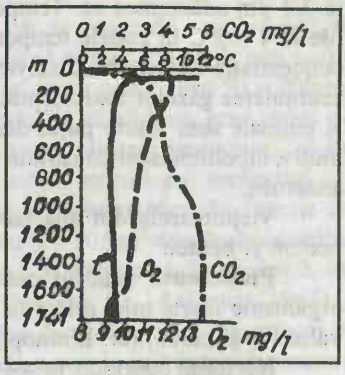


Fig. 26.1. *Distribuţia oxigenului şi a dioxidului de carbon în lacul Baikal.*

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Cum se apreciază transparența apei lacurilor? Dar culoarea?*
2. *Să se enumere și caracterizeze tipurile de lacuri în funcție de gradul lor de mineralizare și ionii dominanți.*
3. *Care sunt principalele gaze din apa lacurilor și cum variază concentrația lor?*

27. VIAȚA DIN APA LACURILOR

Viața din apa lacurilor se dezvoltă sub directa influență a proprietăților fizice și chimice (transparență, lumină, temperatură, salinitate, săruri nutritive etc.).

Intensitatea activității biologice din lacuri este diferențiată și în funcție de cele trei orizonturi specifice unităților lacustre: epilimnionul, metalimnionul (mezolimnionul) și hipolimnionul.

➢ **Epilimnilonul** este stratul de la suprafața lacului. El are grosimi de la 1 până la peste 10 m, este bine oxigenat și luminat, cu temperaturi mai ridicate în sezonul cald. Toate aceste condiții favorizează procesul de fotosinteză și o activitate biologică intensă, motiv pentru care acest strat constituie ***orizontul eufotic***. La lacurile cu adâncimi mai mici de 15 – 20 m, în structura verticală a lacurilor există numai epilimnionul.

➢ **Metalimnionul** (mezolimnionul) reprezintă orizontul de tranziție spre cel inferior. În cuprinsul său se realizează un salt termic (scăderea bruscă a temperaturii în adîncime, pe o diferență mică de nivel), ceea ce determină gradienți mari în densitatea apei (P. Gâștescu, 1998 a) și ca urmare, este împiedicată pătrunderea oxigenului spre orizonturile inferioare. În metalimnion activitatea biologică este moderată ca intensitate.

➢ **Hipolimnionul** este stratul din profunzimea lacului, ce poate ocupa până la 2/3 din adâncimea sa. Temperatua sa variază de la o regiune climatică la alta (de la 4 – 5°C în zonele temperate și reci, la 22- 24°C în cele intertropicale), iar concentrația oxigenului dizolvat este scăzută. Dinamica redusă a apei favorizează acumularea gazelor toxice, cum este H_2S. În aceste condiții, organismele vegetale și animale sunt foarte puțin dezvoltate, iar uneori lipsesc în totalitate. Din acest motiv, hipolimnionul constituie un ***orizont afotic*** în care trăiesc doar unele bacterii anaerobe.

Viețuitoarele din apa lacurilor se divid în trei grupe ecologice: plancton, necton și benton.

Planctonul sau, în cazul lacurilor, ***limnoplanctonul***, este format din organisme foarte mici aflate în stare flotabilă, care se mișcă numai sub influența valurilor și curenților. Limnoplanctonul este alcătuit din ***fito*** și ***zooplancton***.

Nectonul cuprinde, în special, fauna înotătoare care prezintă anumite adaptări pentru a-și putea procura hrana și a se putea apăra de dușmani.

Bentonul include organismele care trăiesc și își procură hrana de pe fundul lacurilor.

În funcție de potențialul trofic al fiecărui bazin lacustru, cei mai mulți limnologi au grupat lacurile în trei categorii: oligotrofe, eutrofe și distrofe.

Lacurile oligotrofe se caracterizează prin puține săruri nutritive, temperaturi medii scăzute, transparență mare și concentrație ridicată de oxigen dizolvat. Viețuitoarele care populează aceste lacuri sunt reduse ca număr de specii. Specifice sunt lacurile glaciare.

Lacurile eutrofe sunt bogate în substanțe nutritive. Au un limnoplancton foarte dezvoltat. Cantitatea de oxigen variază după anotimpuri, iar aerisirea lacului se face printr-o circulație intensă a apelor. Prezintă temperatură și transparență moderate și au o culoare albastru-verzuie.

Lacurile distrofe sunt sărace în săruri nutritive și cuprind, de obicei, lacurile de mlaștină. Au transparență redusă și culoare brun-cafenie. Cantitatea de oxigen este foarte redusă.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se enumere și caracterizeze orizonturile biologice specifice sistemelor lacustre.*

2. *Să se definească noțiunile de plancton, necton și benton.*

3. *Cum se clasifică lacurile în funcție de potențialul lor trofic?*

---

28. ELEMENTE DE HIDROMETRIA LACURILOR

Ca și în cazul râurilor și al apelor subterane, informații sistematice cu continuitate temporală asupra caracteristicilor hidrologice ale unităților lacustre sunt obținute pe bază de măsurători și observații efectuate la posturile hidrometrice de lacuri. Acestea sunt situate la nivelul celor mai importante lacuri din țară, atât naturale (îndeosebi cele din Lunca și Delta Dunării, din lungul Ialomiței, Buzăului și al litoralului), cât mai ales, artificiale.

Pentru ca rezultatele determinărilor să fie cât se poate de concludente, în amplasarea posturilor hidrometrice de lacuri trebuie să se țină seama de mai multe aspecte, dintre care menționăm: în sectorul postului (care poate avea 50 – 200 m) malul să nu aibă pantă prea accentuată, să fie stabil și să aibă un grad redus de sinuozitate; în cuprinsul sectorului ales să nu se verse afluenți importanți, să nu existe vegetație acvatică; profilul postului să fie situat în mijlocul sectorului.

Pe un lac pot fi amplasate mai multe posturi hidrometrice, în funcție de suprafața acestuia și scopul urmărit. Dacă la cele cu S < 10 km^2 numărul posturilor este minim 1, la cele cu S între 10 km^2 și 100 km^2, el trebuie să fie minim 2, iar la lacurile cu S > 100 km^2, pot fi minim 4 (C. Diaconu, D. Lăzărescu, 1965).

Programul determinărilor include un complex de observații și măsurători ce vizează atât elemente hidrologice, cât și meteorologice care le influențează, precum: nivelul apei, valurile, curenții, temperatura apei și a aerului, fenomenele de îngheț, transparența, culoarea, conținutul chimic al apei, evaporația la suprafața apei, umiditatea atmosferică, precipitațiile, vântul ș.a.

Măsurarea şi prelucrarea nivelurilor. Nivelul apei din lac reprezintă poziţia suprafeţei apei faţă de un plan fix de raportare. El cunoaşte importante variaţii (cu amplitudini de la câţiva cm la câţiva metri) determinate de regimul de alimentare şi dinamică. De regulă, nivelul apei din lac se determină prin citiri la miră (la orele 7 şi 17 sau dacă este necesar, mai des) şi prin înregistrări continue cu ajutorul limnigrafelor.

Metodologia de măsurare şi prelucrare a nivelurilor apei lacurilor este asemănătoare cu cea precizată în cazul râurilor. Astfel, pe baza nivelurilor instantanee măsurate prin citiri la miră sau înregistrate pe limnigramă, se calculează nivelurile caracteristice (zilnice, lunare, anuale, multianuale) şi se analizează statistic, din punct de vedere al duratei, frecvenţei etc.

Măsurarea valurilor vizează determinarea elementelor lor caracteristice (înălţime, lungime, perioadă, viteză, direcţie de propagare etc.) care prin prelucrare să ofere informaţii necesare în diferite domenii: navigaţie, exploatare, consolidări de maluri, amenajări litorale ş.a.

Măsurarea valurilor se poate efectua atât sistematic (la orele 7, 13 şi 19), cât şi sporadic, de pe mal sau din larg.

Măsurătorile de pe mal se realizează cu ajutorul undometrelor (jaloane plutitoare din lemn, gradate decimetric, ancorate pentru a se menţine în poziţie verticală) situate la o anumită depărtare de mal, astfel încât să poate fi observate cu binoclul sau cu luneta teodolitului.

Perioada medie a valurilor se obţine prin raportarea timpului cronometrat de trecere prin dreptul jalonului a 100 de creste de valuri, la 100. Înălţimea maximă a valurilor reprezintă diferenţa dintre cel mai ridicat şi cel mai scăzut nivel atins (în comparaţie cu linia nivelului în stare de liniştire a apei) dintre cele observate în timpul trecerii a 50 sau 100 de creste. Direcţia de propagare se stabileşte cu ajutorul busolei. Prin prelucrarea datelor obţinute din asemenea determinări se pot realiza ***roze ale valurilor*** care indică direcţiile şi înălţimile acestora.

Măsurătorile din larg se realizează fie cu ajutorul unor jaloane speciale, de maxim şi de minim (care sunt citite periodic) şi permit stabilirea înălţimii maxime şi minime a valurilor, fie cu ajutorul ambarcaţiunilor ancorate (barcă, şalupă) de pe care se efectuează observaţii asupra perioadei valului, vitezei, lungimii şi înălţimii sale.

În ultima vreme au apărut mijloace mai perfecţionate de măsurare a valurilor, reprezentate prin instalaţii speciale, electronice.

Măsurarea şi prelucrarea curenţilor de apă. Măsurătorile asupra curenţilor de apă vizează determinarea direcţiilor şi vitezelor de propagare, atât la suprafaţă, cât şi în adâncime. În prima situaţie se utilizează flotorii, iar în a doua, morişti speciale.

Prelucrarea datelor are la bază aceeaşi metodologie prezentată la râuri (întocmirea epurelor, trasarea izotahelor, a traiectoriilor de mişcare ş.a.).

Măsurarea şi prelucrarea temperaturii apei şi a fenomenelor de îngheţ. Temperaturile de la suprafaţă se determină, conform programului de măsurători, la orele 7 şi 17, la toate posturile hidrometrice de pe lac. Temperaturile în adâncime se măsoară în puncte standard, de-a lungul unor profiluri, în anumite verticale. Adâncimile standard sunt stabilite în funcţie de adâncimea verticalei şi pot oscila ca număr între două (la adâncimi sub 3 m) şi 7 (la adâncimi peste 100 m) (a se vedea C. Diaconu, D. Lăzărescu, 1965).

Prin prelucrarea datelor se obţin temperaturi caracteristice medii, maxime, minime pentru diferite intervale de timp pe verticală şi curbe izoterme ale profilurilor de măsurare sau ale lacului la diferite adâncimi.

În ceea ce priveşte formaţiunile de gheaţă din lacuri, ele se determină cu aceleaşi instrumente şi după o metodologie şi program de măsurare asemănătoare cu

cele prezentate la râuri (a se vedea 18.2.). Grosimea podului de gheață se măsoară în profilul mirelor în două puncte: la 5 – 10 m de mal și la cca. 100 m de mal.

Măsurarea și prelucrarea aluviunilor. Măsurarea aluviunilor este deosebit de utilă pentru studierea evoluției cuvetei lacustre, a ritmului de colmatare. Măsurătorile vizează toate tipurile de aluviuni (de fund, târâte și în suspensie).

Cele de fund se analizează pe bază de probe recoltate cu draga din anumite verticale și la diferite perioade de timp.

Aluviunile târâte se măsoară prin prelevare de probe cu ajutorul batometrelor de fund. Aceste determinări se realizează, de regulă, în timpul și după producerea viiturilor pe principalii afluenți.

Aluviunile în suspensie se determină tot în perioadele de pătrundere în lac a unor ape puternic aluvionate. În acest scop se folosesc batometrele despre care s-a menționat în cazul râurilor.

Prelucrarea datelor asupra aluviunilor de diferite tipuri se realizează după metodologia utilizată la râuri.

Măsurarea și prelucrarea evaporației. Evaporația este unul dintre elementele importante ale bilanțului hidric al unui lac, iar cunoașterea sa este necesară atât din punct de vedere teoretic (pentru studierea mecanismelor și legităților după care se desfășoară acest proces), cât și practic (pentru valorificarea apei lacului).

Determinări asupra evaporației de la suprafața apei se efectuează de pe o construcție specială numită ***plută evaporimetrică***, ancorată într-o verticală a lacului. Pluta evaporimetrică este construită din lemn și are dimensiuni de 6x8 m sau 4 × 6 m (pentru detalii a se vedea C. Diaconu, D. Lăzărescu, 1965).

Măsurătorile de evaporație se realizează numai în perioadele fără fenomene de îngheț, la orele 7 și 19, ca și precipitațiile. Prin însumarea valorilor determinate la orele menționate, se obțin valorile zilnice, pe baza cărora se calculează, tot prin însumare, valorile lunare și anuale ale evaporației. Evoluția temporală a acestui parametru se analizează pe baza graficelor cronologice.

Măsurarea și prelucrarea proprietăților fizico-chimice ale apei. În afară de temperatură, despre care am menționat deja anterior, ca proprietăți fizice ale apei se mai măsoară *transparența* (cu ajutorul discului lui Secchi), *culoarea* (cu scara colorimetrică Forel-Uhle), precum și *proprietăți organoleptice* (gust, miros).

Determinarea *conținutului chimic* al apei lacurilor se realizează pe baza analizei în laborator a probelor recoltate cu batometrele în diferite puncte din lac și momente din an. De regulă, punctele sunt aceleași în care s-a măsurat temperatura apei. Ele nu trebuie să fie mai puține de două: la suprafață (0,2 – 0,5 m sub oglinda apei) și la fund (0,5 m deasupra fundului).

În timpul anului, numărul minim al probelor din fiecare punct este de patru, astfel încât să fie surprinse principalele momente ale regimului nivelurilor și temperaturilor.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

4. *Ce tipuri de măsurători hidrometrice se efectuează la posturile amplasate pe lacuri?*

5. *Să se precizeze dispozitivele și metodologia de măsurare a diferiților parametri hidrologici specifici lacurilor.*

---

29. NOȚIUNI DE TELMATOLOGIE

29.1. GENEZA ŞI TIPOLOGIA MLAŞTINILOR

Mlaştinile se formează în condiţiile unui climat cu umiditate abundentă, evaporaţie scăzută şi în prezenţa unui strat impermeabil lipsit de scurgere superficială. În această situaţie rezultă un exces de apă care, de regulă, se acumulează în spaţiile terestre cu forme negative de relief, unde se dezvoltă o vegetaţie hidrofilă şi higrofilă ce favorizează, în ultimă instanţă, procesul de turbifiere. E. Pop (1960) considera mlaştina „o formaţiune acvatică neaerisită, ale cărei plante în loc să putrezească sau să se mineralizeze, după moarte se turbifică aglomerându-se, în cele din urmă la fund, sub formă de zăcământ turbos".

În luncile râurilor, datorită inundaţiilor şi reversărilor, se crează un surplus de umiditate care favorizează dezvoltarea unei vegetaţii abundente higrofile. Aceasta, cu timpul, este înlocuită de muşchi şi rogozuri şi transformată în **mlaştini de luncă** sau **mlaştini comune**. Pe terenurile împădurite, tot ca urmare a excesului de umiditate, rezultat din precipitaţiile bogate, din menţinerea unei evaporaţii reduse şi a unei infiltraţii aproape inexistente din cauza solurilor impermeabile, iau naştere **tinoavele** sau **mlaştinile oligotrofe**, formate din sphagnete. Aceste mlaştini împiedică aerisirea parterului unde se află rădăcinile arborilor, aşa încât pădurea este distrusă cu timpul. Tot sub influenţa condiţiilor hidrice excedentare, mlaştinile se mai pot forma la baza versanţilor (prin apariţia la zi a nivelului freatic), pe interfluvii etc.

O evoluţie mai complexă o au mlaştinile care iau naştere în depresiunile lacustre. Acestea, în urma intensificării procesului de colmatare, încep să se acopere cu vegetaţie acvatică. Acţiunea continuă până ce toată suprafaţa lacului este invadată de vegetaţia hidrofilă (muşchi, rogoz, trestie, păpuriş) şi transformată într-o **mlaştină ierboasă de depresiune**. Apoi, prin acumularea continuă a ierburilor moarte, se transformă într-un zăcământ de turbă, unde speciile de muşchi şi rogoz sunt înlocuite cu tufişuri şi esenţe lemnoase. În felul acesta, mlaştina ierboasă trece în **stadiul de împădurire** sau **de tranziţie**. Cu timpul, vegetaţia lemnoasă începe să fie înlocuită cu muşchiul *Sphagnum*, iar mlaştina trece în **stadiul de sphagnete**, având forma convexă, bombată.

După modul de alimentare cu apă, după forma suprafeţei şi componenţa vegetaţiei, mlaştinile se împart în trei grupe: eutrofe, mezotrofe şi oligotrofe.

➢ **Mlaştinile eutrofe** se află răspândite pe spaţiul lacurilor colmatate, în luncile râurilor frecvent inundate şi în jurul izvoarelor lor. Suprafaţa lor este plană sau joasă (concavă). Se alimentează din precipitaţiile atmosferice, din apele care se revarsă din albia minoră a râurilor şi din apele freatice bogate în săruri nutritive. Sub influenţa unui substrat suprasaturat cu apă şi bogat în substanţe hrănitoare se dezvoltă o vegetaţie de baltă, alcătuită din numeroase specii ierboase, alături de care cresc şi unele specii lemnoase (cu precădere salcii).

Mlaştinile eutrofe se întâlnesc în zona climatului temperat şi a climatului subpolar de tundră. La noi în ţară, apar în luncile unor râuri (Someş, Mureş, Crasna, Siret, Prut, Călmăţui, Colentina), în Delta Dunării şi în depresiunile intramontane (Giurgeu, Ciuc, Ţara Bârsei).

➢ **Mlaştinile oligotrofe** se dezvoltă în regiunile cu climat umed şi rece. La noi în ţară sunt numite *„tinoave"* şi se află situate în regiunile carpatice şi subcarpatice, între 500 şi 1500 m. Se alimentează predominant din precipitaţiile

atmosferice, iar solul şi apa unde acestea se formează sunt sărace în săruri nutritive. Din această cauză, componenţa lor floristică este mai săracă. Mlaştinile oligotrofe sunt răspândite în Europa nordică, Canada şi Alaska, iar la noi în Carpaţii Orientali (Munţii Harghita, Depresiunea Dornelor, Munţii Maramureş, Gutâi etc.) şi Munţii Apuseni (regiunea de izvoare a Someşului Rece şi Someşului Cald).

➢ **Mlaştinile mezotrofe** ocupă o poziţie intermediară sau de tranziţie între cele oligotrofe şi eutrofe, atât prin componenţa floristică, cât şi prin gradul de mineralizare a apelor.

29.2. REGIMUL HIDROLOGIC AL MLAŞTINILOR

Mlaştinile turboase deţin 87-97% apă şi între 3 şi 13% substanţă uscată. În funcţie de legătura pe care o are cu zăcământul de turbă, apa se împarte în două grupe: ***apa liberă***, care circulă sub influenţa forţei de gravitaţie şi este separată de turbă şi ***apa legată de zăcământul de turbă***.

Apa liberă se prezintă sub forma unor lacuri, ochiuri de apă, canale, râuleţe etc., alimentate din ploi, zăpezi şi din revărsarea râurilor.

Apa legată de zăcământul de turbă apare sub formă de apă capilară, coloidală, osmotică şi apă de hidratare.

a) ***Apa capilară*** circulă prin golurile capilare aflate între fibrele şi particulele de turbă, sub influenţa forţelor capilare. Poate fi îndepărtată din zăcământul de turbă prin procesul de evaporare.

b) ***Apa coloidală*** face parte din amestecul coloidal şi este compusă din apă şi din particule extrem de fine de turbă. Se poate reduce prin uscarea turbei.

c) ***Apa osmotică*** se află în interiorul celulelor vegetale nedistruse şi poate fi îndepărtată numai prin distrugerea chimică a acestor celule.

d) ***Apa de hidratare*** intră în compoziţia turbei ca orice compus chimic.

Regimul hidrologic al mlaştinilor se caracterizează prin procesul de alimentare, prin circulaţia apei şi prin variaţiile de nivel.

Mlaştinile au mai multe ***surse de alimentare***: precipitaţiile atmosferice, izvoarele şi cursurile de apă care se revarsă periodic.

Circulaţia apelor depinde de permeabilitatea zăcămintelor de turbă şi de gradul de descompunere a acestora. Ea are loc prin infiltrarea apelor pe verticală şi prin şanţurile de desecare. Infiltrarea apelor este în funcţie de calitatea turbei şi de grosimea acesteia. În mlaştinile cu *Sphagnum* (oligotrofe), cu grosimi de 1-2 m, viteza de infiltrare va fi foarte activă în orizontul superior (2-3 cm/s) şi extrem de redusă (0,005 cm/s) la adâncimea de 1 m. În cazul mlaştinilor eutrofe, viteza de infiltrare a apelor este foarte mare în stratul superior (50-80 cm/s) şi scade brusc la adâncimea de 0,4-1 m, unde turba este mai bine tasată şi se află într-un grad de descompunere avansat (0,01-0,02 cm/s).

Nivelul apelor din mlaştini variază de la un anotimp la altul, fiind influenţat de cantitatea de apă pe care mlaştinile o primesc prin sursele de alimentare şi de cantitatea de apă care se pierde prin şanţurile şi canalele de scurgere.

29.3. RĂSPÂNDIREA MLAŞTINILOR ŞI IMPORTANŢA LOR ECONOMICĂ

Mlaştinile şi turbăriile se află răspândite în toate continentele ocupând o suprafaţă de circa 350 mil. ha (după N. Katz, 1941) sau o suprafaţă de 100 mil.

ha (după E. Pop, 1960). Cea mai mare întindere o au în Europa şi Asia (zona de tundră şi taiga, bazinul mijlociu şi inferior al fluviului Obi).

Turbăriile prezintă o importanţă economică deosebită prin faptul că turba poate fi folosită în industrie, agricultură, centrale electrice etc. Prin prelucrarea turbei se obţin diverse produse chimice. De exemplu, prin distilarea ei, se obţine gudronul de turbă, iar prin uscarea forţată a turbei şi impregnarea ei cu petrol rezultă un foarte bun combustibil. Turba se utilizează ca îngrăşământ în agricultură, iar în construcţii este folosită ca izolator termic (la geamuri, pivniţe etc.), ca aşternut absorbant sau sub formă de plăci ori cărămizi de construcţie. De asemenea, fibrele şi praful de turbă sunt adesea utilizate la ambalarea obiectelor fragile.

Pe lângă acestea, zăcământul de turbă are o anumită importanţă şi în medicină. În acest sens, turbăriile din jurul izvoarelor carbogazoase din ţara noastră prezintă o serie de calităţi terapeutice. Turba este utilizată mai ales ca „băi de nămol", iar din turba de *Sphagnum* se fabrică surogate de vată sau cărbune medicinal. Valoarea terapeutică a turbăriilor de la Vatra Dornei, Borsec, Malnaş este bine cunoscută şi deosebit de apreciată.

Multe zăcăminte de turbă din ţara noastră prezintă o mare importanţă economică. Dintre acestea, menţionăm pe cele de la Poiana Stampei, Pilugani, Călăţele, Miercurea-Ciuc, Topliţa etc.

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. *Să se definească mlaştinile şi să se explice modul lor de formare.*
2. *Ce sunt mlaştinile eutrofe? Dar oligotrofe?*
3. *Care este ponderea apei în mlaştini şi sub ce forme se întâlneşte ea?*
4. *Prin ce se caracterizează regimul hidrologic al mlaştinilor?*
5. *Care este răspândirea mlaştinilor pe Glob şi ce importanţă prezintă ele?*

---

30 NOŢIUNI DE GLACIOLOGIE

30.1. LIMITA CLIMATICĂ A ZĂPEZILOR PERMANENTE ŞI FORMAREA GHEŢARILOR

Linia care desparte suprafeţele acoperite cu zăpezi permanente (perene) de suprafeţele unde stratul de zăpadă are un caracter sezonier se numeşte *„linia climatică a zăpezilor permanente"* sau *„limita zăpezilor"*. Ea corespunde cu izoterma de 0°C. Deasupra acestei linii izotermice, bilanţul surselor nivale are un caracter pozitiv, în sensul că zăpada care cade într-un an, din punct de vedere cantitativ, este mai mare decât cea care se pierde. Sub limita zăpezilor permanente, adică unde temperaturile medii anuale au valori mai mari de 0°C, bilanţul surselor nivale

are un caracter negativ (cantitatea zăpezilor acumulate este mai mică decât cea care se pierde prin procesul topirii şi evaporării).

În general, limita zăpezilor permanente este influenţată de condiţiile climatice ale fiecărei regiuni în parte, adică este influenţată de evoluţia temperaturilor negative şi de cantitatea precipitaţiilor solide, precum şi de altitudinea reliefului.

Limita zăpezilor perene, la latitudinile mari se situează chiar la nivelul mării, iar o dată cu descreşterea valorilor latitudinale începe să crească din punct de vedere altitudinal. De exemplu, în „Ţara lui Franz-Josef" situată la 82° latitudine nordică, limita climatică a zăpezilor coboară până la 50-100 m; pe insulele Spitzbergen, aflate la 80° latitudine nordică, limita se menţine la 160 m. În Islanda, care se desfăşoară între 64° şi 67° latitudine nordică, această limită se situează între 600 şi 1300 m.

În zonele temperată şi caldă limita climatică se află la altitudini cu mult mai mari, fiind influenţată de masivitatea reliefului, de expunerea versanţilor şi de cantitatea precipitaţiilor solide. Aşa de pildă, în Munţi Pirinei, cuprinşi între 42 şi 43° latitudine nordică, limita zăpezilor se află la înălţimea de 2600-2900 m; în Alpi (46-47° latitudine) se situează cam la aceeaşi înălţime, de 2700-2900 m; în Munţii Caucaz, încadraţi între 40 şi 44° latitudine nordică, limita variază în funcţie de expunerea versanţilor, adică între 2700 m pe versantul nordic şi 3700 m pe versantul sudic; în Himalaya (27-34° latitudine nordică) limita urcă până la 4900-5000 m.

În emisfera sudică, unde raportul dintre uscat şi apă este cu mult în favoarea suprafeţei acvatice, limita inferioară a zăpezilor coboară la nivelul mării, chiar de la 62° latitudine sudică. În Africa, pe Kenya şi Kilimandjaro, adică între 0 şi 3° latitudine sudică, limita zăpezilor se situează la 4400-5200 m; în Anzii Cordilieri din Argentina, aflaţi la 29° latitudine, limita se află la o altitudine de 6400 m.

Formarea gheţarilor. În urma acumulării zăpezilor de la an la an se formează straturi suprapuse, care sub influenţa presiunii exercitate de greutatea zăpezii şi a condiţiilor climatice locale, se transformă în gheaţă. Sursa principală de alimentare a gheţarilor o constituie zăpezile care se adună pe versanţi şi pe fundul depresiunilor intramontane. Procesul de acumulare a zăpezilor poate avea loc numai atunci când în regiunea respectivă bilanţul precipitaţiilor solide este pozitiv. Aşadar, se poate aprecia că formarea gheţarilor trebuie să fie favorizată de o climă umedă cu temperaturi medii sub 0°C.

Zăpada acumulată an de an este supusă unor schimbări fizico-mecanice, care în ultimă instanţă se transformă în gheaţă. Vara, în zilele cu temperaturi pozitive, zăpada, sub influenţa fluxului de căldură, începe să se topească la suprafaţă. O parte din apa rezultată din topire se evaporă, iar altă parte pătrunde în interiorul stratului de zăpadă. În timpul nopţii, când temperaturile scad sub 0°C, suprafaţa stratului de zăpadă îngheaţă formând o „crustă subţire de gheaţă superficială". Apa pătrunsă din timpul zilei în masa de zăpadă se solidifică în formă de granule, în formă de „boabe de orez" care înconjoară fulgii de zăpadă, dând naştere la *„zăpada grăunţoasă"*, numită *„firn"* sau *„nevé"*. Firnul se caracterizează printr-o porozitate mare şi o conductibilitate termică foarte redusă. Din observaţiile făcute la Staţia „Eismitte" – Groenlanda s-a constatat că un strat de zăpadă cu grosimea de 8 m dă naştere la un strat de firn gros de 1 m.

Cu timpul, zăpada grăunţoasă, datorită presiunii stratelor superioare, devine mai densă, mai compactă, transformându-se într-o *„gheaţă de firn"*. Ea conţine bule de aer şi este opacă.

Prin alimentarea continuă cu zăpadă şi prin presiunea exercitată de aceasta, bulele de aer din interiorul gheţii sunt eliminate, iar gheaţa de firn se transformă în „*gheaţă*" propriu-zisă de „*gheţar*", de culoare gri-albăstruie şi de la starea de opacitate devine aproape transparentă.

30.2. MIŞCAREA GHEŢARILOR

Sub acţiunea greutăţii, a forţei gravitaţionale şi în virtutea plasticităţii ei, gheaţa formată sub învelişul stratului de firn începe să curgă pe coasta muntelui sau pe văi, depăşind în multe linia climatică a zăpezilor.

Viteza de curgere a gheţarilor variază în limite foarte largi şi este în funcţie de condiţiile climatice, de grosimea gheţii şi de panta reliefului. În general, viteza lor este foarte mică, de 20-30 m/an. Cei mai mari gheţari din Alpi au o viteză de mişcare de 30-150 m/an. Gheţarul Aletsch, din Alpii elveţieni, de 26 km lungime, curge cu 450 m/an. Cei din Himalaya au o viteză în funcţie de mărimea lor, ce variază între 700 şi 1300 m/an. În Insulele Spitzbergen gheţarii se mişcă cu o viteză de 365 m/an, iar pe coastele vestice ale Groenlandei, unde presiunea calotei glaciare este foarte mare, gheţarii se mişcă cu o viteză de 4 până la 10 km/an.

Viteza de curgere a gheţarului este direct proporţională cu grosimea gheţii, cu presiunea exercitată de gheţar şi cu panta reliefului. Dacă panta reliefului pe care se află grefat gheţarul este foarte redusă (1-2°), curgerea acestuia se poate produce numai dacă grosimea lui trece de 60-70 m. În cazul că panta reliefului este foarte mare (45°), atunci curgerea gheţarului poate avea loc dacă are o grosime de câţiva metri.

Viteza de curgere a gheţarului, în urma frecării lui de peretele văii, scade treptat de la mijloc spre părţile marginale. Punctul cu viteza maximă se află în zona cu grosime maximă a gheţii. De asemenea, viteza gheţarului se află într-o relaţie directă cu configuraţia văii. Atunci când valea se îngustează viteza acestuia creşte, iar când valea se lărgeşte, viteza scade.

In timpul curgerii gheţarului se pot ivi în masa de gheaţă crăpături de formă transversală şi longitudinală numite **crevase**. Crevasele transversale iau naştere datorită pragurilor. Ele sunt larg deschise la suprafaţă şi se îngustează în adâncime. Cele longitudinale se formează datorită răsfirării în evantai a gheţii la trecerea gheţarului din partea mai îngustă a văii în partea ei mai largă. Crevasele marginale iau naştere, în general, datorită neregularităţii (asperităţii) malurilor sau versanţilor.

30.3. TIPURI DE GHEŢARI

Gheţarii de pe suprafaţa Globului terestru au fost împărţiţi în două categorii majore: gheţari continentali şi gheţari locali.

➢ **Gheţarii continentali** ocupă o suprafaţă de 16,3 milioane km^2 şi se află răspândiţi în Groenlanda şi Antarctica. Se prezintă sub forma unei platoşe (saltea) de gheaţă de formă aproximativ plată sau uşor convexă. Grosimea gheţii variază între 1300 şi 3500 m. Când calota de gheaţă ajunge la ţărmul mării, sub influenţa valurilor, se rupe în bucăţi sub formă de blocuri care plutesc spre regiunile mai calde, unde se topesc. Aceste blocuri formează adevăraţi munţi de gheaţă (*icebergurí*) destul de periculoşi pentru navigaţia oceanică.

Gheţarii continentali, în funcţie de continentul pe care sunt situaţi, sunt de tip antarctic şi de tip groenlandez.

• ***Gheţarii antarctici*** se remarcă prin masivitate şi ajung până în apele oceanului, unde formează adevărate banchize de gheaţă. Din acestea se formează aisberguri care au o formă tabulară şi prezintă dimensiuni foarte mari.

• ***Gheţarii groenlandezi*** ajung în apele oceanice sub forma unor limbi de gheaţă unde se rup şi dau naştere la aisberguri de formă piramidală cu înălţimi şi lungimi apreciabile. Din observaţiile făcute s-a constatat că din Groenlanda provin circa 15 000 aisberguri.

➢ **Gheţarii locali**, denumiţi şi **gheţari montani,** ocupă o suprafaţă destul de mică, de aproape 100 000 km^2 (0,6%). În funcţie de locul în care sunt situaţi, gheţarii montani au fost divizaţi în: gheţari de vale (cei mai numeroşi), gheţari de circ şi gheţari de podiş.

a) Gheţarii de vale, în raport de sistemul muntos în care se află, se împart în mai multe tipuri: alpin, himalayan, scandinav, alaskian.

• ***Gheţarii de tip alpin*** sunt cunoscuţi sub denumirea de ***gheţari de vale simpli.*** Se află răspândiţi mai ales în Alpi şi sunt alcătuiţi din două părţi: *circul glaciar* (zona în care se acumulează zăpada şi se transformă în firn sau nevé) şi *limba gheţarului*, care se desfăşoară pe o vale încadrată de pereţi abrupţi. Au lungimi între 10 şi 26 km.

• ***Gheţarii de tip himalayan*** se află răspândiţi în Himalaya, Pamir şi Tian-Şan. Se prezintă într-un sistem cu caracter ramificat şi ating lungimi de peste 70 km (de exemplu, gheţarul Fedcenko are 77 km, iar gheţarul Inilcek ajunge la 82 km).

• ***Gheţarii de tip scandinav*** se întâlnesc în Alpii Scandinavici, unde ocupă suprafaţa unor platforme de eroziune. Se prezintă sub forma unor câmpuri de gheaţă, numite de norvegieni „*icefjeld*-uri". Din aceste câmpuri se desprinde o serie de limbi de gheaţă sub formă de tentacule dispuse radiar şi numite „*iceström*-uri" (fig. 30.1.). Ele coboară în fiorduri până aproape de nivelul mării.

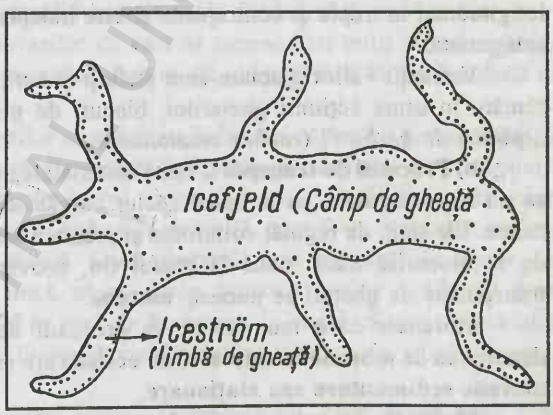


Fig. 30.1. *Gheţar de tip scandinav*

• ***Gheţarii de tip alaskian*** sunt specifici munţilor tineri din Alaska. Aici limita climatică a zăpezilor este foarte coborâtă (900 m) faţă de înălţimile de peste 5000 m, iar precipitaţiile sunt bogate. În aceste condiţii se dezvoltă gheţari asemănători cu cei alpini. Limbile acestor gheţari ajung pe câmpia litorală unde se reunesc, dând naştere la o saltea de gheaţă. În această situaţie se află gheţarul Malaspina.

b) Gheţarii de circ sunt denumiţi şi **gheţari de tip pirenean**. Au bine dezvoltate *circul glaciar* (cu gheaţă de firn sau nevé-ul) şi o *limbă de gheaţă* foarte scurtă, care se rupe frecvent la depăşirea pragurilor glaciare (*verrou*-rilor). Sunt răspândiţi în Munţii Pirinei şi în Turkestan. Cei din Turkestan ocupă locul unor depresiuni tectonice, unde acumularea zăpezii se face prin intermediul avalanşelor.

c) Gheţarii de podiş au un areal mai retrâns şi se formează pe platourile înalte, sub forma unor mici saltele de gheaţă cu aspect suspendat. Astfel de gheţari îi întâlnim în Munţii Pamir.

30.4. PROCESELE EXERCITATE DE GHEŢARI

În evoluţia lor, gheţarii exercită trei procese principale: de eroziune, transport şi acumulare (depunere).

a) Mecanismul eroziunii glaciare diferă după tipul gheţarilor. Astfel, în cazul gheţarilor de vale, procesul eroziunii glaciare se manifestă linear, pe când în cazul calotelor glaciare acest proces se exercită în suprafaţă.

Gheţarii de vale acţionează prin eroziune asupra fundului şi pereţilor văii. Ca urmare, profilul transversal al văii glaciare se prezintă de forma literei „U". Eroziunea glaciară este invers proporţională cu panta reliefului. Astfel, pe pantele repezi, însoţite de rupturi, gheţarii prezintă o viteză mai mare şi spre deosebire de râuri, o putere de eroziune mai mică. În aceste sectoare, gheaţa se crapă în bucăţi, îşi pierde din masivitate ceea ce duce la o scădere a forţei de eroziune. În aval de praguri (trepte glaciare), blocurile de gheaţă se sudează formând o gheaţă compactă şi puternică, ce acţionează în procesul de eroziune. Spre deosebire de eroziunea fluviatilă care tinde să formeze un profil longitudinal de formă parabolică, fără denivelări pe linia talvegului, eroziunea glaciară, dimpotrivă crează un profil longitudinal în trepte şi contrapante şi este independentă de nivelul de bază local sau general.

Versanţii văilor glaciare sunt şlefuiţi şi scrijelaţi, iar pe suprafeţele întinse rămân, în urma acţiunii gheţarilor, blocuri de piatră cunoscute sub numele de *„spinări de berbeci"* (*roches moutonnées*).

b) Procesul de transport. Toate materialele transportate de gheţar în mişcarea sa nu se rostogolesc ca în cazul apelor curgătoare, ci din contră, ele sunt puţin rulate. Ele sunt, de regulă, colţuroase şi prezintă scrijelituri. Sfărâmăturile de roci, de la blocurile mari, până la praful fin, provenite din eroziunea glaciară şi transponate de gheţari se numesc **morene.**

Morenele care iau naştere în procesul de mişcare a gheţarilor poartă denumirea de **morene în mişcare,** iar acelea care şi-au încetat mişcarea se numesc **morene sedimentare** sau **staţionare.**

Morenele în mişcare, după poziţia pe care o au în limba gheţarului se împart în: morene superficiale (de suprafaţă), interne şi de fund.

• ***Morenele de suprafaţă*** (***superficiale***) iau naştere pe spinarea gheţarilor şi provin din bucăţile de roci care se desprind de pe versanţii văilor. Acest tip de morene se poate clasifica în morene laterale şi morene mediane. ***Morenele laterale*** sunt formate din depozite sau sfărâmături de roci situate la marginea gheţarilor. Provin din erodarea versanţilor. ***Morenele mediane*** se compun din sfărâmături colţuroase neregulate. Se află la suprafaţa gheţarului, în partea lui centrală şi provin din confluenţa a două limbi glaciare (fig. 30.2).

• ***Morenele interioare*** rezultă din materialele de rocă aflate la început pe suprafaţa gheţii, iar cu timpul sunt înghiţite de masa de gheaţă prin crevasele existente. Aceste morene pot fi dispuse pe plan vertical sau pe plan orizontal.

• ***Morenele de fund*** sunt constituite din fragmente de rocă de pe fundul văii glaciare sau ajunse acolo prin scufundarea morenelor de la suprafaţă.

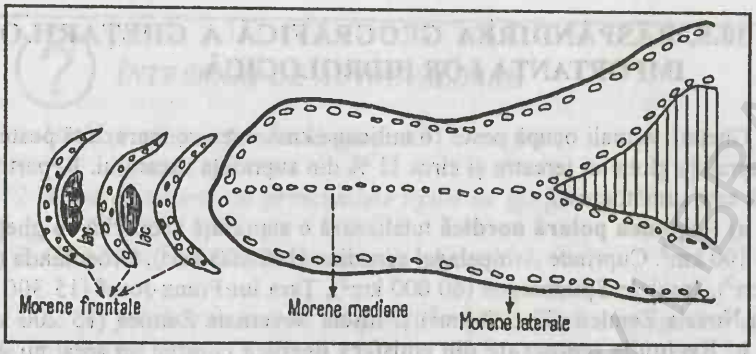


Fig. 30.2. *Limba unui ghețar cu morene de suprafață și frontale.*

Întregul material al morenelor este transportat de ghețar până la capătul limbii glaciare unde este depus sub o formă semicirculară (semilună). Acest tip de morenă poartă numele de **morenă frontală** sau **morenă terminală.**

Morenele de calotă glaciară se întâlnesc, de regulă, la fundul ghețarilor sau în partea lor frontală.

c) **Procesul de depunere** este consecința topirii ghețarilor. Topirea gheții se datorează fluxului de căldură solară, căldurii iradiate de versanții văilor, precipitațiilor lichide și presiunii ghețarului exercitate pe fundul văii.

Părțile marginale ale ghețarilor de vale se topesc mai mult și mai repede, datorită radiației calorice a versanților, fapt ce dă ghețarului o formă bombată la mijloc.

Limita inferioară a ghețarilor nu corespunde limitei zăpezilor permanente, ci coboară mai jos de această limită. Ea variază în funcție de cantitatea de precipitații și de regimul termic. Menținerea limbii ghețarului mai jos de linia zăpezilor permanente, pe o perioadă mai lungă, este posibilă numai în cazul acumulării permanente de noi mase de gheață. Dacă ghețarul, prin procesul de topire, se reduce într-o proporție foarte mică, atunci limba acestuia devine mai lungă și se poate spune că ***ghețarul se află în fază de înaintare.*** În cazul că masa ghețarului se reduce prin procesul topirii, limba ghețarului devine mai scurtă, adică ***ghețarul se află în faza de retragere.***

În perioada topirii ghețarilor are loc retragerea lor, care atrage după sine depunerea materialului transportat. La ghețarii de vale din regiunile montane materialele cel mai frecvent depuse sunt ***morenele frontale*** de forma unor ***potcoave*** (fig. 30.2.). Uneori, în spatele acestor morene iau naștere ***lacuri glaciare de baraj morenic.*** În regiunile unde au acționat calotele glaciare depunerile rămase după retragerea lor sunt formate din morene de fund, care de fapt se prezintă sub forma unui microrelief specific. De exemplu, aici se pot întâlni ***drumlin***-uri care s-au format în zona terminală a calotelor și au aspectul unor movile depuse în șiruri longitudinale pe direcția de înaintare a masei de gheață; ***cames***-uri, adică movile izolate de pietrișuri și mâluri; ***eskers***-uri, asemănătoare unor dealuri alcătuite din straturi de pietrișuri și nisipuri; ***blocuri eratice*** (rătăcitoare); ***zandre***, adevărate câmpii alcătuite din pietrișuri și nisipuri aduse de râuri din depozitele morenice. Spațiile depresionare, dintre aceste zandre sunt ocupate de lacuri și mlaștini care în Polonia poartă numele de ***pradoliny.***

30.5. RĂSPÂNDIREA GEOGRAFICĂ A GHEȚARILOR ȘI IMPORTANȚA LOR HIDROLOGICĂ

Gheţarii actuali ocupă peste 16 milioane km^2, ceea ce reprezintă peste 3,2% din suprafaţa globului terestru şi circa 11 % din suprafaţa uscatului. Repartiţia lor zonală este următoarea:

a) Regiunea polară nordică totalizează o suprafaţă acoperită cu gheţari de 2 083 100 km^2. Cuprinde Arhipelagul canadian (100 000 km^2), Groenlanda (1 870 000 km^2), Insulele Spitzbergen (60 000 km^2), Ţara lui Franz-Josef (15 300 km^2), Insula Novaia Zemlea (22 600 km^2) şi Insula Severnaia Zemlea (15 200 km^2).

b) Regiunile temperate din emisfera nordică cuprind un areal cu gheţari locali de 100 620 km^2. Aceşti gheţari îi întâlnim în Peninsula Alaska (512 000 km^2), Munţii Stâncoşi (400 km^2), Islanda (13 500 km^2), Alpii Scandinavici (4 600 km^2), Alpi (4540 km^2), Munţii Pirinei (40 km^2), Munţii Caucaz (2000 km^2), Asia Centrală (12 800 km^2), Altai-Saian (740 km^2), Karakorum-Himalaya (10 800 km^2) etc.

c) Regiunea tropicală include o suprafaţă foarte restrânsă, de 21 065 km^2. În Africa gheţarii ocupă un areal de 50 km^2 iar în Noua Guinee de 15 km^2; în America de Sud 20 000 km^2, iar în Noua Zeelandă 1000 km^2.

d) Regiunea polară sudică are cea mai extinsă calotă glaciară de pe Globul terestru, cu o suprafaţă de 14,1 milioane km^2, în Antarctica.

În prezent, în spaţiul Carpaţilor româneşti nu există gheţari, ci numai urme lăsate de acţiunea gheţarilor care au acţionat în perioada cuaternară la situate la peste 1700 - 1800 m. Tipul gheţarului predominant era cel alpin, alcătuit dintr-un circ şi o limbă glaciară.

Cele mai numeroase şi mai tipice urme glaciare se pot urmări pe cristalinul Carpaţilor Meridionali, în Munţii Ţarcu, Petreanu, Godeanu, Retezat, Parâng, Făgăraş, Bucegi. De asemenea, ele apar în Munţii Căliman, Rodnei şi Maramureş din Carpaţii Orientali.

Urmele principale ale acţiunii gheţarilor sunt văile glaciare în în forma literei „U", însoţite adesea de umeri şi praguri glaciare, custuri, depozite morenice, roci mutonate şi lacuri glaciare (numite popular *căldări glaciare* sau *tăuri glaciare*).

Importanţa hidrologică a gheţarilor

Gheţarii continentali şi gheţarii locali constituie o importantă rezervă de apă în stare solidă care poate asigura un procent însemnat din necesarul de apă al unor regiuni cu mare deficit de umiditate. În primul rând, ei reprezintă o sursă permanentă de alimentare cu apă a reţelei hidrografice, mai ales din regiunile montane înalte. Alimentarea este extrem de activă în sezonul de vară şi scade foarte mult în perioada de iarnă. Aşa este situaţia sistemelor fluviatile din Himalaya, Munţii Caucaz, Tian-Şan, Alpi, Alaska etc.

Astăzi se fac studii importante asupra imensului volum de apă dulce aflat în stare solidă şi extrem de puţin folosit în circuitul economico-social. Se pune întrebarea care vor fi situaţiile cele mai eficiente de a fi într-un fel recuperaţi gheţarii plutitori (aisbergurile) care provin din calotele glaciare groenlandeze şi antarctice.

Dacă astăzi „apa plată", care nu este altceva decât apa potabilă normală, este transportată în butelii la mari distanţe în regiunile aride şi secetoase, de ce nu s-ar găsi soluţia ca mari „cuburi de gheaţă" să poată fi transportate spre regiunile lipsite de apă dulce potabilă?

ÎNTREBĂRI DE AUTOEVALUARE

1. Unde şi cum se formează gheţarii?

2. Să se caracterizeze principalele tipuri de gheţari.

3. Care sunt procesele exercitate de gheţari?

4. Să se prezinte care este răspândirea geografică a gheţarilor şi în ce constă importanţa lor.

SINTEZĂ A NOŢIUNILOR ŞI TERMENILOR IMPORTANŢI

Geneza lacurilor; tipuri genetice de lacuri după originea cuvetei: *tectonice, vulcanice, rezultate din acţiunea apelor curgătoare (de luncă, limanuri fluviatile, de deltă), rezultate din acţiunea apelor marine (lagune, limanuri fluviatile), rezultate din acţiunea de dizolvare a apei (pe calcare, pe formaţiuni de sare, pe gips, pe loess), glaciare, eoliene, rezultate din acţiunea organismelor, antropice, lacuri din depresiuni create de meteoriţi;* ***elementele morfologice ale lacurilor; elementele morfometrice ale lacurilor*** *(suprafaţă, lungime, lăţime, axă mare, axă mică, perimetru, gradul de sinuozitate a liniei ţărmului, volum, adâncime, grad de insulozitate, formă); dinamica apei din lacuri: mişcări permanente (curenţi), mişcări periodice (curenţi, valuri, seişe);* ***bilanţul apei din lacuri:*** *tipuri de bilanţ (excedentar, deficitar, constant), ecuaţiile bilanţului;* ***regimul variaţiilor de nivel; temperatura apei lacurilor:*** *factorii care influenţează termica apei lacurilor, tipuri de stratificaţii termice (directă, inversă, homotermie, mezotermie, dihotermie), lacurile holomictice (dimictice, monomictice calde, monomictice reci, amictice, oligomictice, polimictice), lacurile meromictice (ectogenice, crenogenice, biogenice); regimul de îngheţ şi de dezgheţ al lacurilor;* ***caracteristici fizice şi chimice ale apei lacurilor:*** *transparenţă, culoare, compoziţie chimică (lacuri cu apă dulce, lacuri cu apă sărată, lacuri bicarbonatate, clorurate, sulfatate), gazele din apa lacurilor (oxigen, dioxid de carbon, hidrogen sulfurat);* ***viaţa din apa lacurilor:*** *orizonturi biologice (epilimnion, metalimnion, hipolimnion); grupe ecologice (plancton, necton, benton), lacuri oligotrofe, lacuri eutrofe, lacuri distrofe;* ***mlaştinile:*** *geneză, tipologie (eutrofe, oligotrofe, mezotrofe), regim hidrologic, răspândire, importanţă economică;* ***gheţarii:*** *limita climatică a zăpezilor permanente, formarea gheţarilor, mişcarea gheţarilor, tipuri de gheţari (continentali – antarctici, groenlandezi; montani – de vale, de circ, de podiş), procesele exercitate de gheţari (eroziune, transport, depunere), răspândirea gheţarilor, importanţa lor hidrologică.*

31. LUCRĂRI PRACTICE ŞI TEME DE CONTROL

Cercetările privind lacurile cuprind două faze: faza pregătitoare de birou şi faza lucrărilor de pe teren.

Prima fază, cea de birou, constă în analizarea bazelor topografice existente asupra unităţii lacustre sau a regiunii în care aceasta este situată. La ora actuală se găsesc date bibliografice privind aproape toate lacurile artificiale şi pentru majoritatea celor naturale, ample cercetări efectuând în acest domeniu I. Pişota, P. Gâştescu, I. Ujvari ş.a..

De asemenea, tot în faza iniţială, se pregătesc şi echipamentele şi aparatele ce urmează a fi luate în teren. Dintre acestea enumerăm, în funcţie de posibilităţi: busolă, altimetru, nivelă sau teodolit, sondă ultrasonică şi ambarcaţiune cu motor, sondă de mână cu lest, termometre, aparate portabile pentru determinarea oxigenului dizolvat, pH-ului, conductivităţii, discul lui Secchi, scara colorimetrică, recipienţi de sticlă sau de plastic şi nu în ultimul rând carneţele pentru notiţe.

Lucrările de teren încearcă să acopere în general următoarele probleme:

- determinarea poziţiei lacului;
- ridicarea topografică şi întocmirea schiţei sale batimetrice;
- ridicarea profilelor de mal ca o continuare a celor batimetrice, pentru evaluarea volumului de apă maxim ce poate fi reţinut, mai ales în cazul lacurilor artificiale;
- cercetarea reţelei hidrografice secundare (afluente sau defluente acestuia), a învelişului vegetal din cadrul cuvetei lacustre;
- măsurători şi analize asupra parametrilor hidrologici şi hidrochimici ai lacului (nivel, debite afluente - defluente, dinamica apei, regim termic şi de îngheţ, regim chimic şi de gaze).

Cercetarea cuvetei lacului în ansamblul condiţiilor fizico-geografice se face în scopul precizării originii, adică a tipului genetic şi a condiţiilor care determină caracteristicile regimului hidrologic şi ale parametrilor fizico-chimici.

31.1. ELEMENTE DE BATIMETRIE A LACURILOR

Analiza morfometrică a lacurilor se realizează, de regulă, pe baza schiţei de contur şi a hărţii (schiţei) batimetrice a lacului, ce permit determinarea elementelor caracteristice ale lacurilor (lungime, lăţime, suprafaţă şi adâncime).

Întocmirea schiţei de contur şi a schiţei batimetrice a lacului, se efectuează pentru lacuri cu suprafeţe mai mici de 10 ha sau pentru detalieri ale conturului lacurilor mai mari, al căror contur a fost iniţial scos din hărţile topografice (cum ar fi lacurile din Delta Dunării sau din Câmpia Română).

Pentru lacuri mici ridicarea conturului se poate face cu un aparat de nivelment, dintr-o singură staţie cu aparatul. Condiţia este doar ca distanţa dintre aparat şi mira să nu depăşească o lungime mai mare de 500 m (fig. 31.1.).

O metodă modernă şi foarte precisă de ridicare a conturului unui lac, este aceea ce utilizează G. P. S. – ul (un sistem de poziţionare global ce utilizează reţeaua satelitară). Acest aparat emite un semnal care este primit de reţeaua satelitară special utilizată în acest sens şi respectiv returnat indicând astfel coordonatele tridimensionale ale punctului în care ne poziţionăm. Deplasându-ne pe conturul lacului, pe ecranul aparatului se vor înscrie valorile coordonatelor străbătute, precum şi forma acestuia. Acestea pot fi descărcate pe un computer portabil şi prelucrate corespunzător sau notate pur şi simplu şi reprezentate ulterior. Pentru ca valorile furnizate de aparat să fie sigure se recomandă ca înaintea fiecărei operaţii de

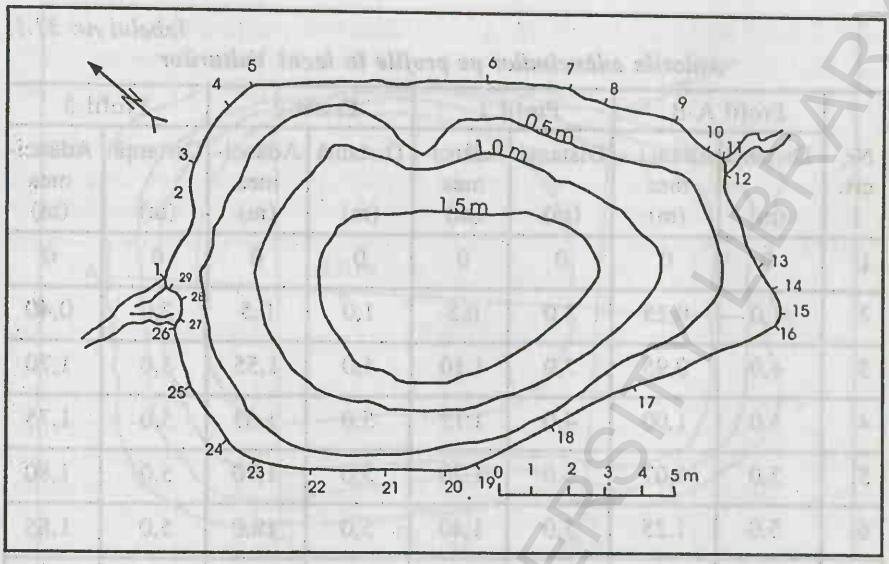


Fig. 31.1. *Lacul Iezerul Mic* (după P. Gâştescu 2001)

ridicare să se facă o calibrare a acestuia, utilizând un punct ale cărui coordonate se cunosc cu precizie.

O dată ce conturul lacului a fost ridicat şi pentru a urmări cum evoluează lacul în timp, este necesar să se efectueze şi măsurătorile de adâncime, pentru trasarea curbelor batimetrice.

În funcţie de caracteristicile de formă ale lacului se stabilesc o serie de profile situate la o anumită distanţă, care se marchează cu ţăruşi. Între aceşti ţăruşi se leagă o sfoară pentru a marca profilul sau se fixează o nivelă şi cu ajutorul unor staţii de emisie-recepţie se poziţionează barca şi se efectuează măsurătoarea de sondaj.

Deplasarea de-a lungul profilului se face cu ajutorul unei ambarcaţiuni (de cauciuc sau fibră de sticlă), iar măsurătoarea se face în cazul lacurilor cu o adâncime mică, prin intermediul unui fir gradat la capătul căreia este o greutate. În cazul lacurilor de mari dimensiuni, atunci când se dispune de un motor pentru ambarcaţiune (pentru a se efectua deplasarea de-a lungul profilului cu o viteză constantă) şi de o sondă ultrasonică, se poate efectua ridicarea cu o precizie mult mai mare.

Pentru exemplificarea modului de lucru se prezintă măsurătoarea de adâncimi a lacului Vulturilor din Munţii Siriu şi realizarea schiţei batimetrice (efectuate de către P. Gâştescu). Datele rezultate din măsurarea adâncimilor sunt prezentate în tab. nr. 31.1.

Cu cât măsurătorile de adâncime de pe liniile de profil sunt mai dese, cu atât ridicarea batimetrică este mai exactă. Adâncimea maximă se reprezintă printr-un punct pe schiţă în locul în care s-a măsurat. Punctele cu aceeaşi valoare a adâncimii se unesc între ele rezultând astfel curbele batimetrice. În cazul analizat s-a trasat curbele cu adâncime de 0,5, 1,0 şi 1,5 m (fig. 31.2.).

O altă metodă de ridicare batimetrică ce se foloseşte mai ales în cazul lacurilor de mari dimensiuni (mai ales în cazul celor artificiale), unde apar modificări frecvente ale cuvetei, şi unde sunt necesare ridicări mai dese, utilizează sonda sonică. Principiul utilizat poartă numele de Doppler şi constă în emiterea unei unde sonice cu o anumită frecvenţă f_1 care se reflectă de fundul cuvetei şi este

Tabelul nr. 31.1.

Valorile adâncimilor pe profile în lacul Vulturilor

Nr. crt.	Profil A-B		Profil 1		Profil 2		Profil 3	
	Distanţă (m)	Adânci - mea (m)	Distanţă (m)	Adânci- mea (m)	Distanţă (m)	Adânci- mea (m)	Distanţă (m)	Adânci- mea (m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	1,0	0,25	3,0	0,5	1,0	0,5	2,0	0,40
3	4,0	0,95	3,0	1,10	4,0	1,55	3,0	1,70
4.	5,0	1,00	4,0	1,12	5,0	1,63	5,0	1,75
5.	5,0	1,07	5,0	1,20	5,0	1,70	5,0	1,80
6.	5,0	1,25	5,0	1,40	5,0	18,0	5,0	1,85
7.	5,0	1,40	5,0	1,40	5,0	1,85	5,0	1,90
8.	5,0	1,45	5,0	1,45	5,0	1,85	5,0	1,90
9.	5,0	1,55	5,0	1,40	5,0	1,90	5,0	1,95
10.	5,0	1,65	5,0	1,40	5,0	1,90	5,0	1,90
11.	5,0	1,70	5,0	1,30	5,0	1,70	5,0	1,70
12.	5,0	1,80	5,0	1,30	5,0	1,70	5,0	1,70
13.	5,0	1,85	5,0	1,10	5,0	1,55	5,0	1,60
14.	5,0	1,90	5,0	0,30	5,0	1,45	5,0	1,40
15.	5,0	1,97	1,0	0,0	5,0	1,10	5,0	1,05
16.	5,0	2,00			5,0	0,40	5,0	0,55
17.	5,0	1,97			5,0	0,0	7,0	0,0
18.	5,0	1,95						
19.	5,0	1,90						
20.	5,0	1,50						
21.	5,0	1,90						
22.	5,0	0,50						
23.	5,0	0,20						
24.	2,0	0,0						

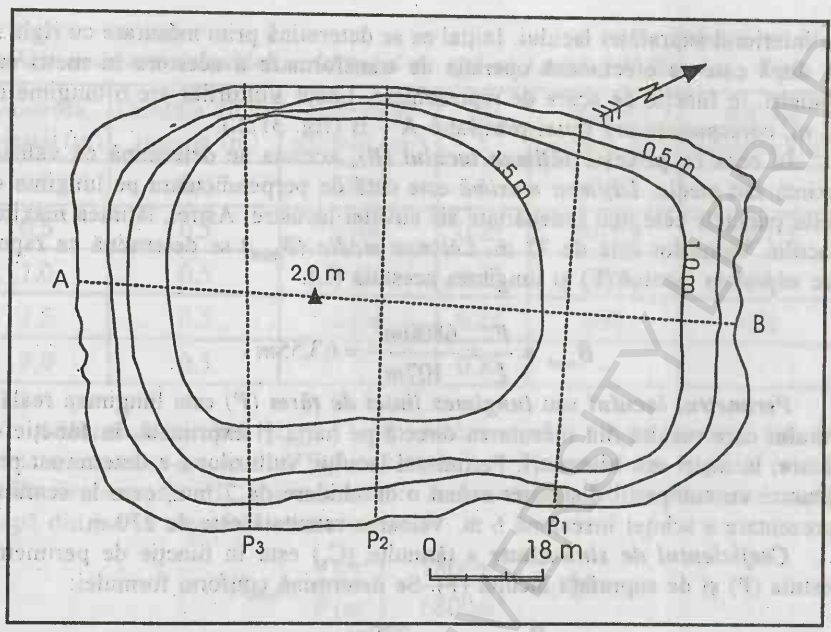


Fig. 31.2. *Schiţa Batimetrică a Lacului Vulturilor – Siriu (după P. Gâştescu)*

recepţionată apoi cu o altă frecvenţă f_2. Emisia şi recepţia undei se face de acelaşi senzor, care se află scufundat în apă. Avantajele pe care le prezintă această metodă sunt acelea că se poate lucra în regim continuu, cu o viteză mare de ridicare, iar profilul respectiv are un grad ridicat de exactitate. Inconvenientele sunt că necesită alimentare electrică şi o deplasare cu viteză constantă de-a lungul profilului şi nu în ultimul rând un cost ridicat.

31.2. ELEMENTELE DE MORFOMETRIE LACUSTRĂ

După ce s-a ridicat conturul lacului şi s-a realizat schiţa batimetrică se pot stabili, în birou, caracteristicile morfometrice ale lacului respectiv, caracteristici care se referă la: *suprafaţă, lungime, lăţime maximă, lăţime medie, gradul de sinuozitate al ţărmului, perimetrul lacului, adâncimea maximă, adâncimea medie, volumul de apă* etc. (a se vedea 22.2.).

Precizia indicilor morfometrici calculaţi depinde de precizia ridicării topografice a conturului lacului, a ridicării batimetrice şi a modalităţii de lucru.

Suprafaţa (F) corespunzătoare oglinzi lacului se determină prin planimetrare şi în funcţie de scara reprezentării, se calculează valoarea acesteia în m^2, ha sau km^2. Dacă în interiorul lacului există insule, suprafaţa acestora se scade. Suprafaţa Lacului Vulturilor determinată prin planimetrare este de 6800 m^2. O metoda mai simplă constă în extragerea conturului lacului pe o coală de hârtie milimetrică, determinându-se apoi numărul centimetrilor pătraţi (întregi şi fracţiuni) cuprinşi în interiorul acestuia. După determinarea valorii suprafeţei în cm^2 aceştia sunt transformaţi în m^2 sau km^2 în funcţie de scara de reprezentare.

Lungimea lacului (L) este distanţa dintre două puncte situate la extremităţile cuvetei lacustre. Ea poate fi dreaptă sau frântă în funcţie de forma lacului, trasată

prin interiorul suprafeței lacului. Inițial ea se determină prim măsurare cu rigla în cm, după care se efectuează operația de transformare a acestora în metri sau kilometri, în funcție de scara de reprezentare. Lacul Vulturilor are o lungime de 107 m, corespunzătoare liniei profilului A – B (fig. 31.2.).

În ceea ce privește ***lățimea lacului*** *(B)*, aceasta se determină ca valoare maximă sau medie. *Lățimea maximă* este dată de perpendiculara pe lungime ce unește punctele cele mai îndepărtate ale cuvetei lacustre. Astfel, lățimea maximă a lacului Vulturilor este de 72 m. *Lățimea medie* (B_{med}) se determină ca raport între suprafața lacului (F) și lungimea acestuia (L).

$$B_{med} = \frac{F}{L} = \frac{6800m^2}{107m} = 63,55m.$$

Perimetrul lacului sau ***lungimea liniei de țărm*** *(P)* este lungimea reală a țărmului care rezultă din măsurarea directă pe hartă și exprimată, în funcție de valoare, în metri sau kilometri. Perimetrul lacului Vulturilor s-a determinat prin măsurare cu compasul distanțier având o deschidere de 7 mm, care la scara de reprezentare a schiței înseamnă 6 m. Valoarea rezultată este de 270 m.

Coeficientul de sinuozitate a țărmului (C_s) este în funcție de perimetrul acestuia (P) și de suprafața lacului (F). Se determină conform formulei:

$$C_s = \frac{P}{2\sqrt{\pi.F}} = \frac{270m}{2\sqrt{3,14.6800m^2}} = 0,92.$$

Volumul de apă *(V)* se obține pe baza valorii fiecărei izobate, a adâncimii dintre izobate și a suprafeței delimitate de izobate. Valoarea lui, exprimată, de regulă în m^3, se obține ca sumă a volumelor parțiale (v_i) delimitate de izobate. Un volum parțial se calculează ca produs între media aritmetică a suprafețelor delimitate de două izobate succesive (f_i; f_{i+1}) și diferența de adâncime dintre ele (Δh_i). În aceste condiții, relația de calcul pentru determinarea volumului total de apă al unui lac este:

$$V = \sum v_i = \sum \frac{f_i + f_{i+1}}{2} \Delta h_i = \frac{f_1 + f_2}{2} \Delta h_1 + \frac{f_2 + f_3}{2} \Delta h_2 + ... + \frac{f_{n-1} + f_n}{2} \Delta h_{n-1} + \frac{f_n}{2} \Delta h_n.$$

Datele necesare calculării volulmului de apă al Lacului Vulturilor sunt prezentate în tab. nr. 31.2.

Aplicând formula menționată anterior, volumul total de apă al lacului (V) este:

$$V = (6800 + 5400) \times 0,25 + (5400+4470) \times 0,25 + (4470+2434) \times 0,25 + (2434 \times 0,25)$$
$$= 3050 + 2467,5 + 1726 + 608 = 7851,5 \text{ m}^3$$

Panta medie a fundului lacului (I) se calculează după formula:

$$I = \frac{\Delta h \Sigma l}{F},$$

unde Δh - echidistanța dintre izobate, l – suma lungimilor izobatelor de pe schița batimetrică, F – suprafața lacului.

Pentru Lacul Vulturilor, panta medie a fundului lacului este:

$$I = \frac{0,5m \cdot 628,2m}{6800m^2} = 0,0461.$$

Tabelul nr. 31.2.

Date necesare calculării volumului de apă al Lacului Vulturilor - Siriu

Valoarea izobatei (m)	Distanța dintre izobate (m)	Suprafețe parțiale (m^2)	$\frac{\Delta h}{2}$	Volume parțiale (m^3)	Volume cumulate (m^3)
0,0	0,0	6800	0	3050	7851,5
0,5	0,5	5400	0,25	2467,5	4801,5
1,0	0,5	4470	0,25	1726	2334
1,5	0,5	2434	0,25	608	608
2,0	0,5	-	0,25	-	-

Adâncimea maximă (H_{max}) a lacului se determină în timpul efectuării ridicării batimetriei lacului. În cazul de față ea este de 2 m. De asemenea, se poate calcula și ***adâncimea medie*** (H_{med}) a lacului care se determină prin raportarea volumului de apă din lac la suprafața acestuia.

$$H_{med} = \frac{V(m^3)}{F(m^2)} = \frac{7860m^3}{6800m^2} = 1{,}15m$$

31.3. BILANȚUL HIDRIC AL LACURILOR

Pentru a studia bilanțul apei din lacuri trebuie să se urmărească atât volumele de apă care intră în sistem cât și ieșirile de apă din lac. Aportul de apă este reprezentat în principal de către precipitații (X), alimentarea din râuri (Y_1) și din izvoare sau aport subteran (U_1) - acolo unde este cazul, iar ieșirile în primul rând evaporația (Z), pierderile prin infiltrare (U_2) și prin emisari (Y_2).

În aceste condiții, ecuația de bilanț este:

$$X + Y_1 + U_1 - Z - Y_2 - U_2 = \pm\Delta V.$$

Datorită fenomenelor de antropizare, care au afectat mai multe lacuri naturale, ce sunt utilizate economic sau terapeutic, la această formulă se mai adaugă și volumele de apă prelevate pentru irigații, consum pentru zootehnie sau evacuările de ape ale unor obiective social-economice.

Modul de urmărire și evaluare cantitativă a componentelor bilanțului se efectuează în linii mari astfel:

a) Precipitațiile căzute pe suprafața lacului se determină cu ajutorul unui pluviometru instalat în imediata apropiere a lacului, cantitatea de precipitații căzute măsurându-se cu a ajutorul unui cilindru gradat și fiind exprimată în mm. Aceasta în cazul în care dotările nu includ pluviografe mecanice (cu tambur, cu cupe basculante etc.). O altă soluție este utilizarea valorilor medii multianuale de la punctele de observație pluviometrică cele mai apropiate de lacul analizat. Sistemul meteorologic furnizează datele privind cantitatea de precipitații în strat de apă, adică mm/an, pentru calculele hidrologice fiind necesar a fi transformate în m^3/s, astfel:

$$X(m^3/s) = \frac{X(mm)xF(m^2)}{T(s)},$$

unde: $F(m^2)$ – suprafața lacului, T – timpul în secunde dintr-un an ($31{,}5 \times 10^6$).

b) Scurgerea superficială în lac se calculează prin măsurătorile de debit care se efectuează pentru toţi afluenţii lacului. Debitele acestora se măsoară cu ajutorul moriştii hidrometrice, deversorilor portabili sau prin metoda chimică.

Acolo unde sunt izvoare debitul lor se determină prin metoda volumetrică, dar valoarea acestora se adaugă la scurgerea subterană. Atunci când afluenţii permanenţi lipsesc, scurgerea superficială (Y_1), adică aportul de apă provenit din precipitaţii lichide sau topirea celor solide se determină din hărţile scurgerii multianuale.

$$Y_1 = \frac{S \cdot F}{T},$$

unde: S – scurgerea multianuală a zonei unde se află amplasat lacul (în mm); F – suprafaţa bazinului de recepţie a lacului (în m^2); T – număr de secunde dintr-un an.

c) Scurgerea subterană este mai greu de determinat în mod direct, însumând doar debitele izvoarelor care apar în malul lacului.

d) Scurgerea superficială din lac se determină volumetric sau cu ajutorul deversorilor atunci când există emisari.

e) Evaporaţia este procesul care prejudiciază lacurile de volume însemnate de apă (mai ales în cazul lacurilor din câmpie cu o suprafaţă mare) şi care se determină direct cu ajutorul unei plute evaporimetrice dotate corespunzător în condiţiile necesare unei precizii bune sau se poate aprecia din hărţi ale evaporaţiei. Transformarea din mm în m^3/s se realizează cu ajutorul relaţiei:

$$Z(m^3/s) = \frac{Z(mm) \times F(m^2)}{T(s)},$$

unde: Z – valoarea evaporaţiei exprimată în m^3/s şi mm a zonei în care este amplasat lacul; F – suprafaţa lacului, T – timpul (în secunde) dintr-un an.

f) Pierderile prin infiltraţie de termină mai greu şi acestea fiind determinate indirect, apreciind ceilalţi parametrii ai ecuaţiei de bilanţ.

Bilanţul hidrologic al lacurilor poate fi:

- ***constant***, atunci: $X + Y_1 + U_1 - Z - Y_2 - U_2 = 0$
- ***excedentar***, atunci: $X + Y_1 + U_1 - Z - Y_2 - U_2 = +\Delta V$
- ***deficitar***, când: $X + Y_1 + U_1 - Z - Y_2 - U_2 = -\Delta V$

Parametrul ΔV reprezintă variaţia volumului de apă din cuveta lacustră.

În general lacurile naturale situate în zona temperată, cu alimentare pluvio-nivală, înregistrează iarna un nivel scăzut, cu o creştere şi niveluri maxime în primăvară, urmată de un alt minim vara şi cu o nouă creştere, dar ceva mai moderată toamna (ex. Lacul Babadag, Balta Albă etc.).

Un exemplu în acest sens ar fi complexul lacustru Matiţa - Merhei (Driga, 1970) unde a predominat aportul superficial de apă din braţele Dunării, acoperind deficitul produs de evaporaţie şi doar timp de 5 luni acest aport are o valoare minimă ca urmare a scăderii nivelului apei pe Dunăre, ce a generat o mişcare inversă a volumelor de apă (tab. nr. 31.3.).

Un caz aparte îl prezintă lacurile de acumulare unde în cadrul relaţiei generale de calcul al ecuaţiei de bilanţ trebuie luate în considerare şi debitele care intră în lac (debite afluente $Q_{afl.}$) şi cele care părăsesc lacul (debitele efluente $Q_{def.}$). Valorile acestora se cunosc cu precizie efectuându-se măsurători de debit în amonte de intrarea în lac şi a debitelor ieşite din lac prin uzinare sau evacuate prin goliri de fund ale construcţiei hidrotehnice respective. În acest sens se prezintă ca exemplu bilanţul volumelor de apă din lacul hidroenergetic Siriu de pe râul Buzău din anul 1995 (tab. nr. 31.4.).

Tabelul nr. 31.3.

Datele necesare determinării bilanțului hidrologic în cazul complexului lacustru Matița - Merhei (anul 1970)

Luna	Nivelul (cm)	Suprafața (km^2)	Volumul (mil. m^3)	X (mm)	Z (mm)	Y_1 (mm)	Y_2 (mm)
I	116	314	348	126	2,7	369,5	-
II	162	326	480	79,3	7,3	202,4	-
III	214	334	682	17,4	34,0	800,9	-
IV	234	334	782	21,0	78,0	122,7	-
V	242	334	796	72,3	112,8	62,7	-
VI	235	334	766	26,4	134,2	-	233,6
VII	211	334	666	11,9	184,1	-	73,3
VIII	165	330	496	22,0	168,1	-	377,7
IX	140	324	422	4,9	127,5	-	142,6
X	101	308	298	23,2	59,7	-	327,0
XI	81	264	244	22,0	47,6	63,6	-
XII	94	295	282	12,2	8,8	30,5	-

Tabelul nr. 31.4.

Bilanțul volumelor de apă din lacul Siriu

Luna	Volumul (mil. m^3)	Y_1(mm)	Y_2(mm)
I	14,22	3,82	1,95
II	20,86	6,15	2,43
III	29,8	7,77	6,28
IV	30,4	11,7	11,3
V	30,51	15,4	14,9
VI	35,92	11,1	8,19
VII	38,10	4,59	4,78
VIII	38,34	3,85	3,8
IX	38,12	6,80	6,98
X	33,05	3,44	5,69
XI	36,79	8,78	3,42
XII	47,65	6,89	5,78
Media anuală	7,53	6,31	

Y_1 – debit afluent; Y_2- debit defluent.
După A. N. „Apele Române".

Analizând aceste date se constată că în lac volumul de apă a înregistrat o permanentă creştere, rareori $Y_2 > Y_1$. În raport cu capacitatea de retenţie a lacului gradul de umplere a variat în jurul valorii de 30%, doar în final atingându-se valoarea de 38%.

31.4. TEME DE CONTROL

Tema 1. *ELEMENTELE MORFOMETRICE ALE LACURILOR*

Se va reprezenta grafic un lac, în cuprinsul căruia se vor trasa 3-4 curbe batimetrice şi se va înscrie o adâncime maximă. Considerând reprezentarea la scara 1:1000, să se determine elementele morfometrice ale lacului: suprafaţă, lungime, lăţime maximă şi medie, axa mare şi axa mică, perimetrul, gradul de dezvoltare a liniei ţărmului, volumul de apă, adâncimea maximă şi medie.

Notă: Tema se va realiza pe baza aplicării cunoştinţelor din capitolele 22.2. şi 31.2. ale prezentului curs. Ca materiale bibliografice suplimentare, pot fi consultate :

Diaconu D., 2003, *Hidrologie aplicată*, Ed. Credis, Bucureşti.

Pişota I. (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

Pişota I., Zaharia Liliana (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

Tema 2. *LACURILE PE GLOB*

Plan orientativ

1. Răspândirea lacurilor pe Glob.
2. Date morfometrice asupra principalelor lacuri din lume (suprafeţe, adâncimi, volume).
3. Lacurile din România. Tipologia şi repartiţia lor la nivelul unităţilor majore de relief (munte, dealuri şi podişuri, câmpie).
4. Importanţa economică şi turistică a lacurilor.

Bibliografie de referinţă

Gâştescu P., (1969), *Lacurile pe Glob*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti.

Gâştescu P., (1998), *Limnologie şi oceanografie*, Ed. *H*G*A*, Bucureşti.

Pişota I., Buta I., (1983), *Hidrologie*, Ed. Didactică şi Pedagogică. Bucureşti.

Pişota, I., (1995), *Hidrologie*, Tipografia Universităţii din Bucureşti.

Pişota I., Zaharia L. (2001, 2002), *Hidrologie*, Ed. Universităţii din Bucureşti.

Notă: Pentru realizarea temei pot fi utilizate şi alte surse bibliografice (atlase, sit-uri web ş.a.). Referatul poate fi însoţit de elemente grafice (tabele, diagrame, hărţi).

BCU MIHAI EMINESCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBLIOGRAFIE

Bretotean, M. (1981), *Apele subterane, o importantă bogăţie naturală*, Editura Ceres, Bucureşti.

Castany G. (1972), *Prospecţiunea şi exploatarea apelor subterane*, Ed. Tehnică.

Chow, V.T., Maidment, D. R., Mays, L. W. (1988), *Applied Hydrology*, McGrow – Hill Book Company, U.K.

Cineti, A. (1990), *Resursele de ape subterane ale României*, Ed. Tehnică, Bucureşti.

Ciocârdel, R. (1952), *Hidrogeologie*, Editura Tehnică, Bucureşti.

Chiriac, V., Filotti, A., Teodorescu, I. (1976), *Lacuri de acumulare*, Editura Ceres, Bucureşti.

Cuşa, E. (1994), *Monitoringul calităţii apelor curgătoare de suprafaţă*, Rezumatul tezei de doctorat, Bucureşti.

Cuşa, E. (1997), *Monitorizarea calităţii apelor din România. Situaţia calităţii apelor curgătoare de suprafaţă*, Hidrotehnica, 42, 7, Bucureşti.

Diaconu, C. (coord.) (1997), *Îndrumar pentru staţiile hidrometrice pe râuri*, I.N.M.H., Bucureşti.

Diaconu, C., Lăzărescu, D. (1965), *Hidrologia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Diaconu C., Lăzărescu D. (1970), *Hidrometrie*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Diaconu C., Şerban P. (1994), *Sinteze şi regionalizări hidrologice*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti.

Gâştescu, P. (1971), *Lacurile din România*, Editura Academiei, Bucureşti.

Gâştescu, P. (1998a), *Limnologie şi oceanografie*, Editura H.G.A., Bucureşti.

Gâştescu, P. (1998b), *Hidrologie*, Editura „Roza Vânturilor".

Gillardin, Graf, A. (2000), *Introduction à la hydrométrie*, Notes de cours, EPF Lausanne.

Giurma, I. (1997), *Colmatarea lacurilor de acumulare*, H.G.A., Bucureşti.

Hutchinson ,G. E. (1957), *A Treatise on limnology*, vol. I., Geography, physics and chemistry, New York.

Ichim, I., Rădoane, M. (1984), *Cercetări privind sursele de aluviuni şi energia potenţială de eroziune, cu exemplificări din regiunea Vrancei*, Hidrotehnica, 29, 6, Bucureşti.

Manoliu, M., Ionescu, C. (1996), *Noţiuni de dreptul mediului înconjurător*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Marinescu, D. (1993), *Dreptul mediului înconjurător*, Casa de editură şi presă „Şansa" SRL, Bucureşti.

Martonne, Emm. de (1947), *Traité de géographie physique*, tome I, Paris.

Mociorniţă, C., Birtu, E. (1987), *Unele aspecte privind scurgerea de aluviuni în suspensie în România*, Hidrotehnica, 7, Bucureşti.

Mohan, Gh., Ardelean, A. (1993), *Ecologie şi protecţia mediului*, Editura Scaiul, Bucureşti.

Musy, A. (1998), *Hydrologie appliquée*, Editura H.G.A., Bucureşti.

Pascu, M., Stelea, V. (1968), *Cercetarea apelor subterane*, Editura tehnică, Bucureşti.

Petrescu, I. (1957), *Delta Dunării*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti.

BUCHAREST UNIVERSITY LIBRARY

Pişota I., (1980), *Apele minerale din România*, Terra, nr. 4, Bucureşti.
Pişota I., Buta I. (1983), *Hidrologie*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
Pişota I. (1995), *Hidrologie*, Ed. Universităţii din Bucureşti.
Pişota I., Zaharia Liliana (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Ed. Universităţii din Bucureşti.
Pişota I., Zaharia L. (2001, 2002), Hidrologie, Ed. Universităţii din Bucureşti.
Papadopol, M. (1983), *Hidrobiologie*, Tipografia Universităţii din Bucureşti.
Pop, E. (1960), *Mlaştinile de turbă din Republica Populară Română*, Editura Academiei Bucureşti.
Pricăjan, A., (1972), *Apele minerale şi termale din România*, Editura Tehnică, Bucureşti.
Preda, I., Ţenu, A. (1981), *Resurse de ape minerale şi termale*, Centrul de multiplicare al Universităţii Bucureşti.
Rădulescu, D., Tebeică, C. (1987), *Universul apei*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti.
Rojanschi, V., Bran, Fl., Diaconu, Gh. (1997), *Protecţia şi îngrijirea mediului*, Editura Economică, Bucureşti.
Rusu, C. (1989), *Probleme noi în amenajarea apelor din România*, Hidrotehnica, 34, 8, Bucureşti.
Rusu, C., Stegăroiu, P. (1990), *Amenajarea bazinelor hidrografice ale României*, Hidrotehnica, 35, 5, Bucureşti.
Stegăroiu, P. (1998), *Prognoze ale cerinţelor de apă din România*, Hidrotehnica, 43, 12.
Strahler, N. A. (1973), *Geografia fizică*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti.
Şerban, P., Bretotean, M. (1998), *Resursele şi cerinţele de apă subterane ale României*, Hidrotehnica, 43, 6, Bucureşti.
Ştef, V., Muscanu, M. (1999), *Calcule statistice, Corelaţii în hidrologie*, Universitatea Creştină, „Dimitrie Cantemir", Sibiu.
Teodor, S. (1999), *Lacul de baraj şi noua morfodinamică. Studii de caz pe râul Argeş*, Editura Vergiliu, Bucureşti.
Tricart, J. (1960), *Les types de lits fluviaux*. L'information géographique, nr. 6, Paris.
Tricart, J., Hirsch, F. (1960), *Relation entre le débit et la superficie des bassins fluviaux*, Ann. de géogr., an
Trofin, P. (1972), *Alimentări cu apă*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
Trufaş, V., Trufaş C. (1975), *Hidrochimie*, Tipografia Universităţii Bucureşti.
Vernescu, M. (1988), *Apele minerale*, Editura Tehnică, Bucureşti.
Vladimirescu I. (1984), *Bazele hidrologiei tehnice*, Ed. Tehnică, Bucureşti.
Ward, R. C. (1975), *Principles of hydrology*, McGraw – Hill Book Company, U.K.
Yoshimura, S. (1936), *A Contribution to the Knowledge of Deep Water of Japanese Lakes*, Part. I, Summer Temperatures, în „Japanese Journal Astr. Geophys".
Yoshimura, S. (1936), *A contribution to the Knowledge of Deep Water temperatures of Japanese Lakes*, Part II, Winter Temperature în „Japanese Journal Astr. Geoghys".
Yoshimura, S. (1937), *Limnology*, Sanseido, Co., Ltd.
Zaharia, L., Pişota, I. (1995), *Resursele de apă din România şi protecţia lor*, Analele Universităţii din Bucureşti, ser. Geografie, XLII.

Zaharia, L., Sârbu, I., Cocoş, O., Pătru, I. (1998), *Spatial Variation of Main Physico-Chemical Indicators of Water in the Cerna Gulf*, în "The 3rd Edition of the Regional Conference of Geography", Timişoara – Novi Sad – Szeged.

Zaharia, L. (1998), *Tendances dans l'évolution des transferts de matières en suspension, dans les Subcarpates de Courbure, en relation avec les modifications du milieu naturel*, Géomorphologie: relief, processus, environnement, no.1, Paris.

Zaharia, L. (1999), *Resursele de apă din bazinul râului Putna. Studiu de hidrologie*, Editura Universităţii din Bucureşti.

Zăvoianu, I. (1978), *Morfometria bazinelor hidrografice*, Editura Academiei, Bucureşti.

Zăvoianu, I. (1999), *Hidrologie*, Editura Fundaţiei „România de Mâine", Bucureşti.

* * * (1951-1967), *Anuarul hidrologic*, D. G. H. Bucureşti.

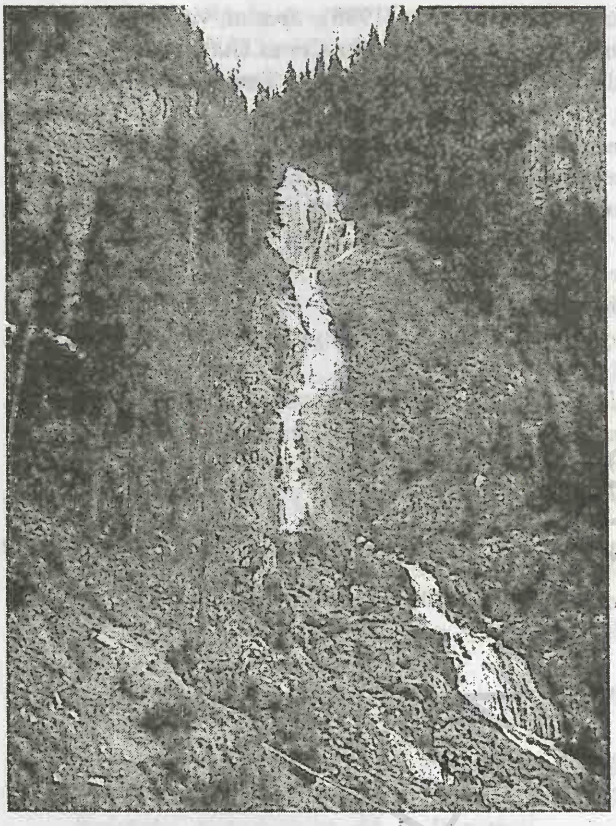
* * * (1971), *Râurile României, Monografie hidrologică*, Bucureşti.

* * * (1983), *Geografia României, Vol. I, Geografie fizică*, Editura Academiei, Bucureşti.

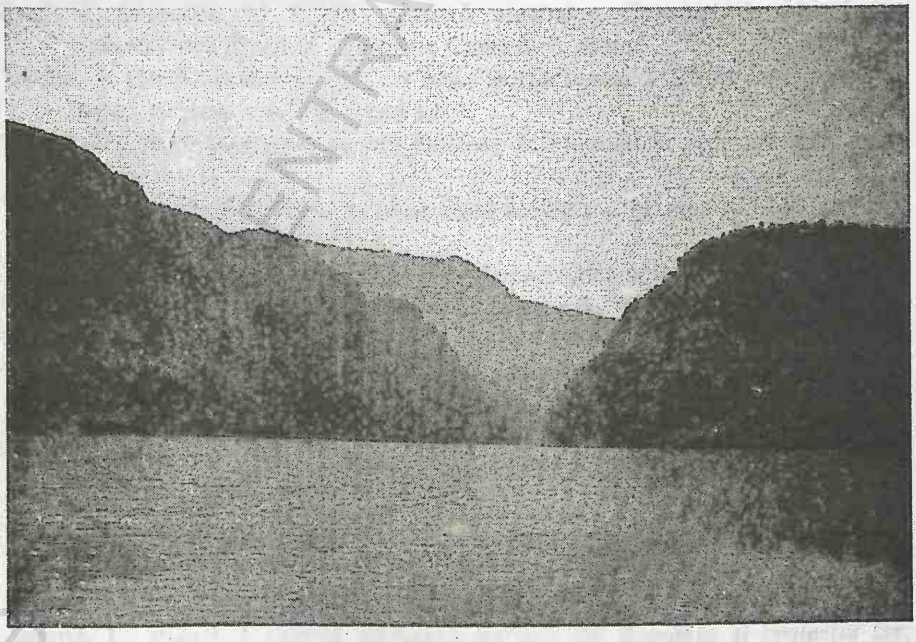
* * * (1996), *Instrucţiuni privind organizarea şi programul activităţii hidrometrice pe râuri*, I.N.M.H., Bucureşti.

* * * (1999), *World Ressources* 1998 – 1999, New York.

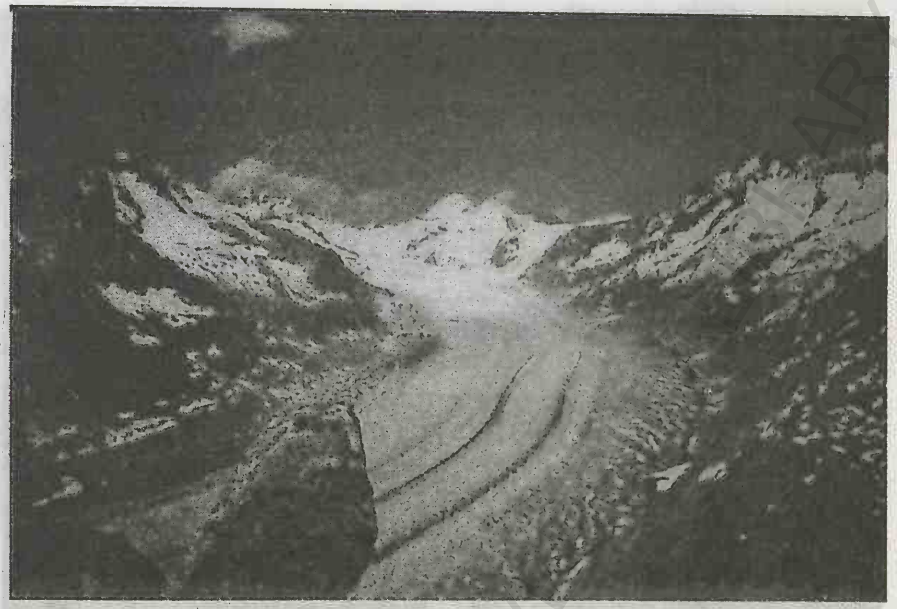
BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



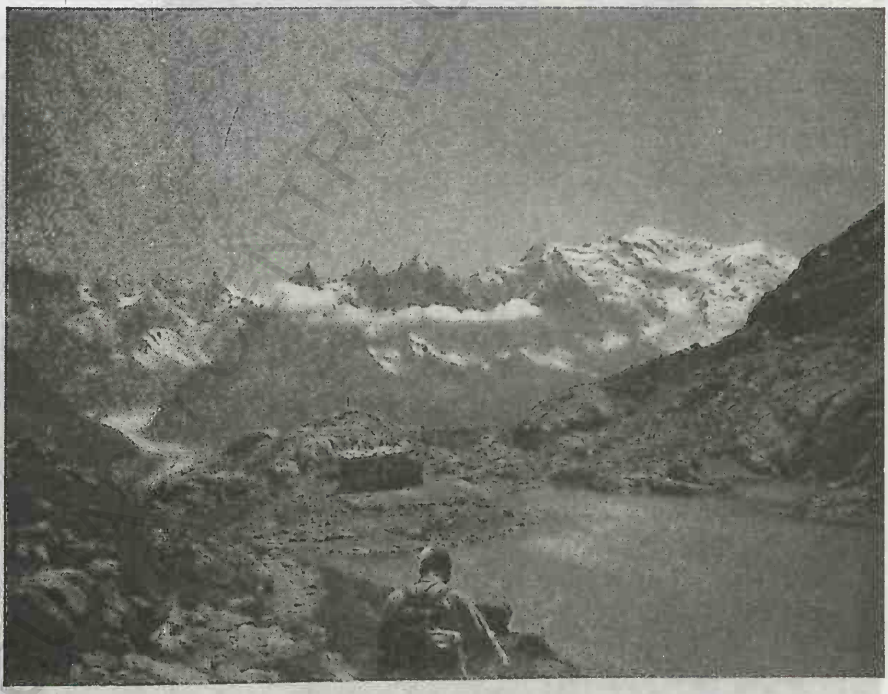
Cascada Cailor
(Munţii Rodnei)



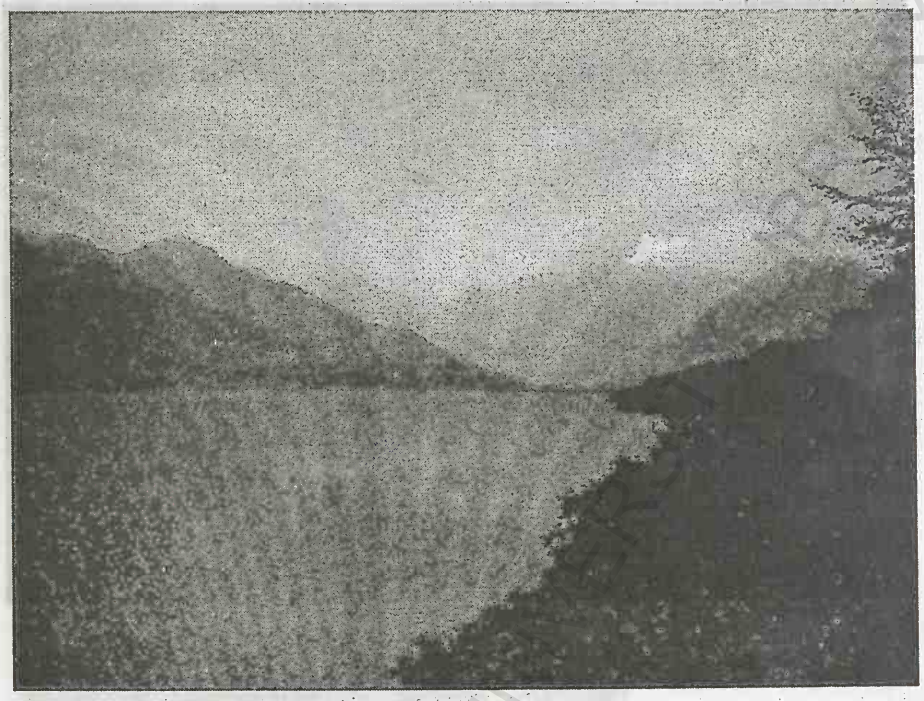
Dunărea în sectorul Cazanele Mari



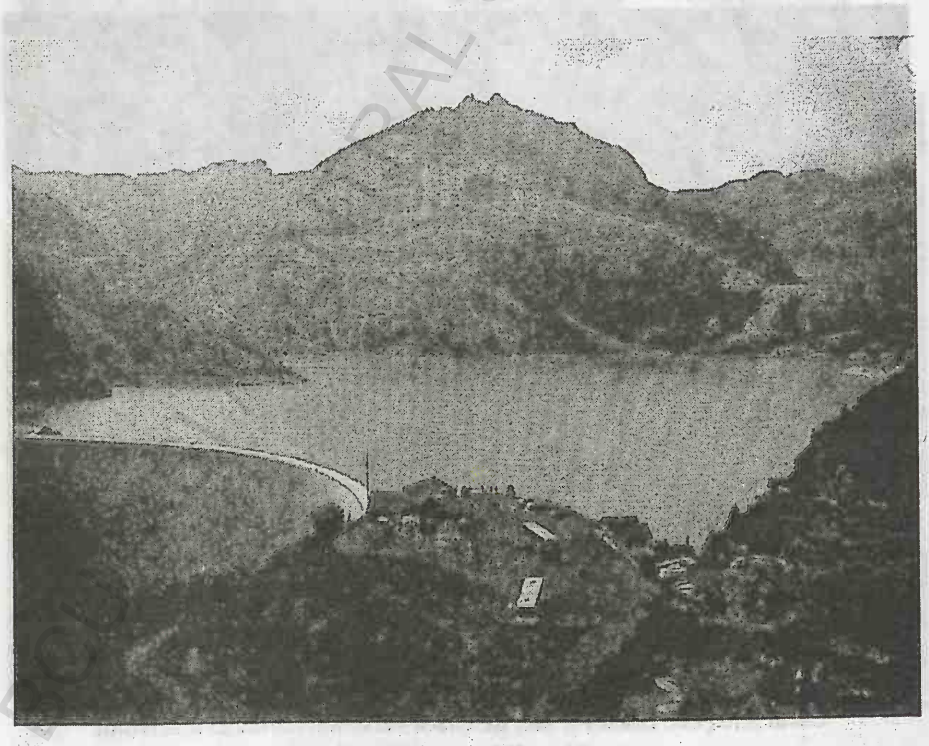
Gheţarul Aletsch (Alpii Elveţieni)



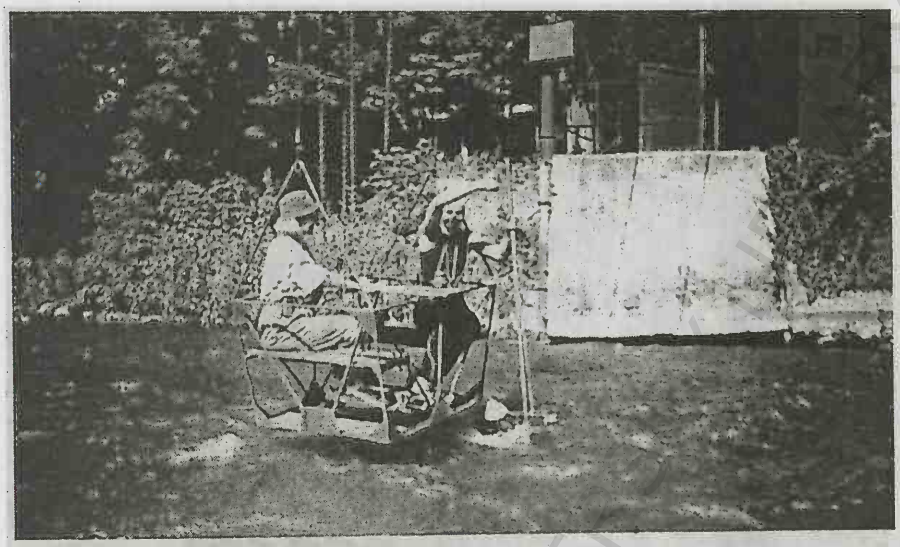
Lacul Alb (Lac Blanc) şi Mer de Glace versantul nordic al masivului Mont Blanc cu gheţarul



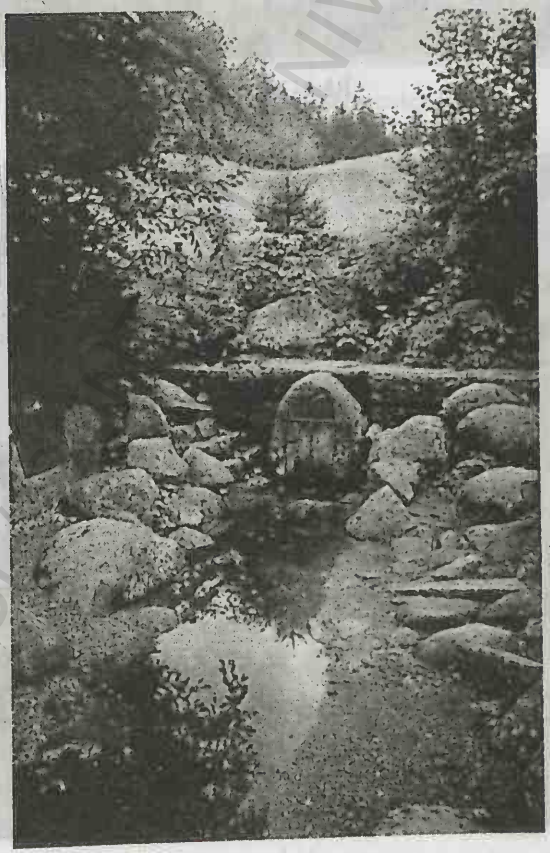
Lacul Como



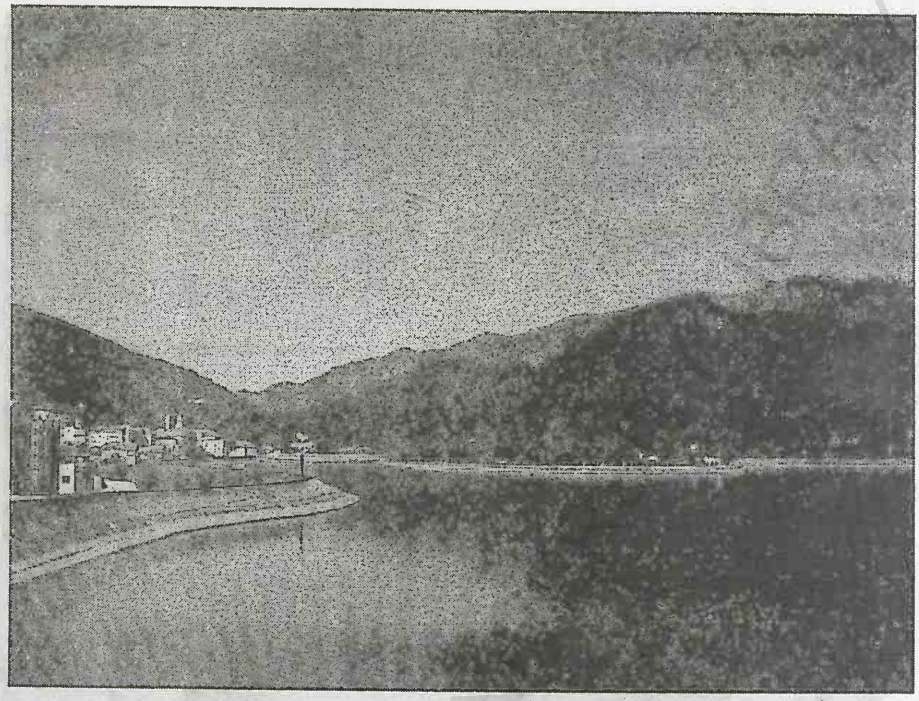
Lacul Emosson (Alpii Elvețieni)



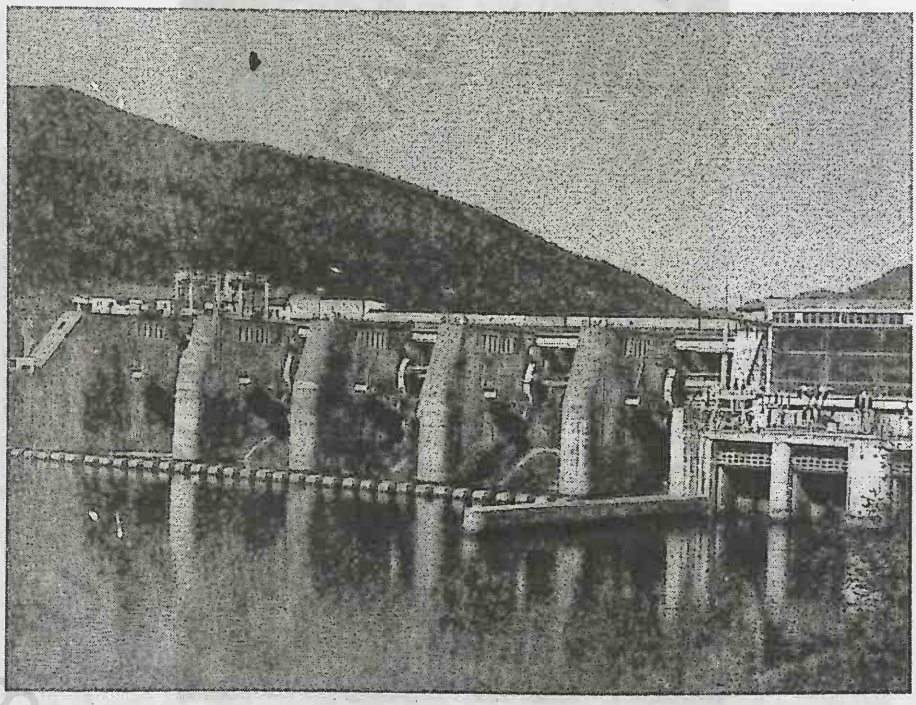
Măsurarea debitului de apă pe râul Cerna, la p.h. Pecinişca



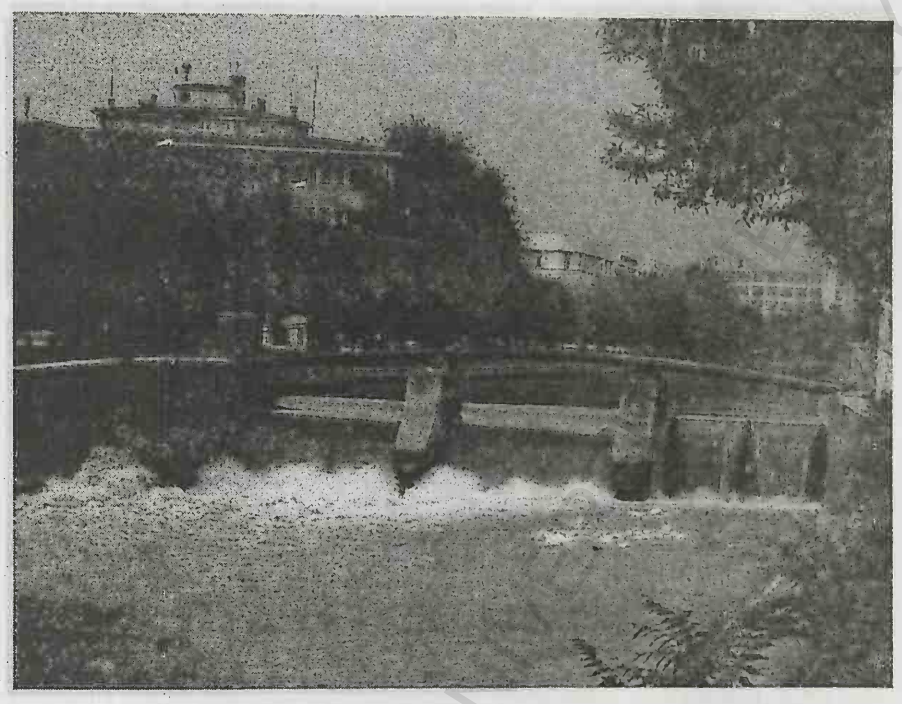
Izvorul Dunării – Breg



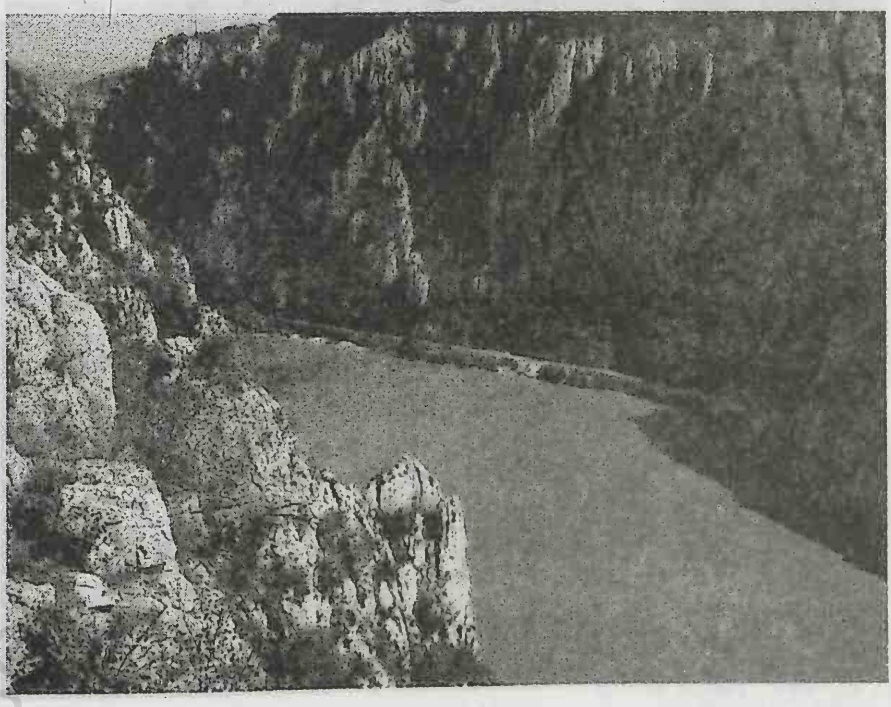
Râul Călimănești



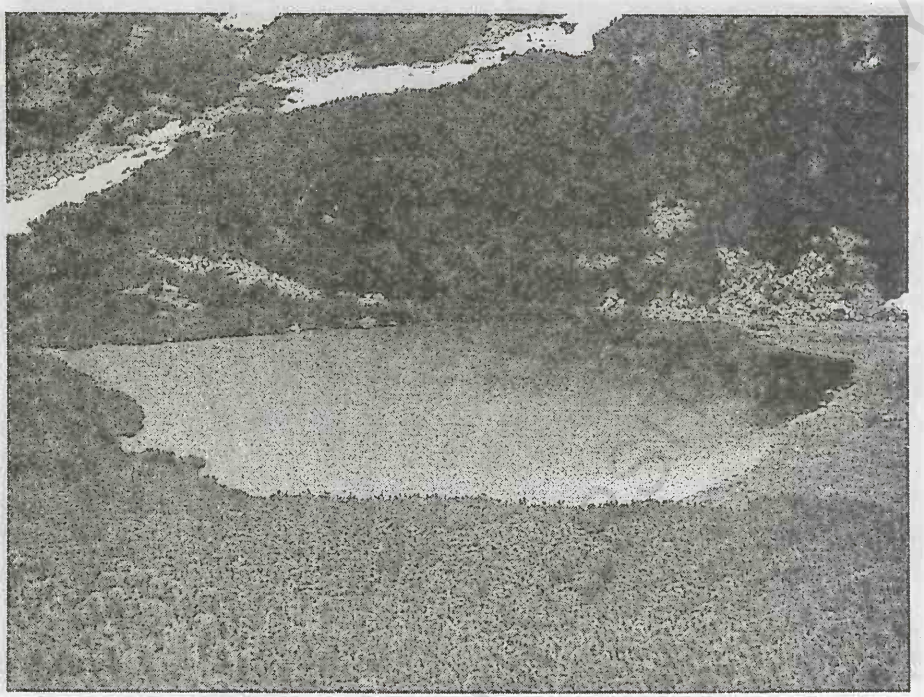
Barajul Călimănești



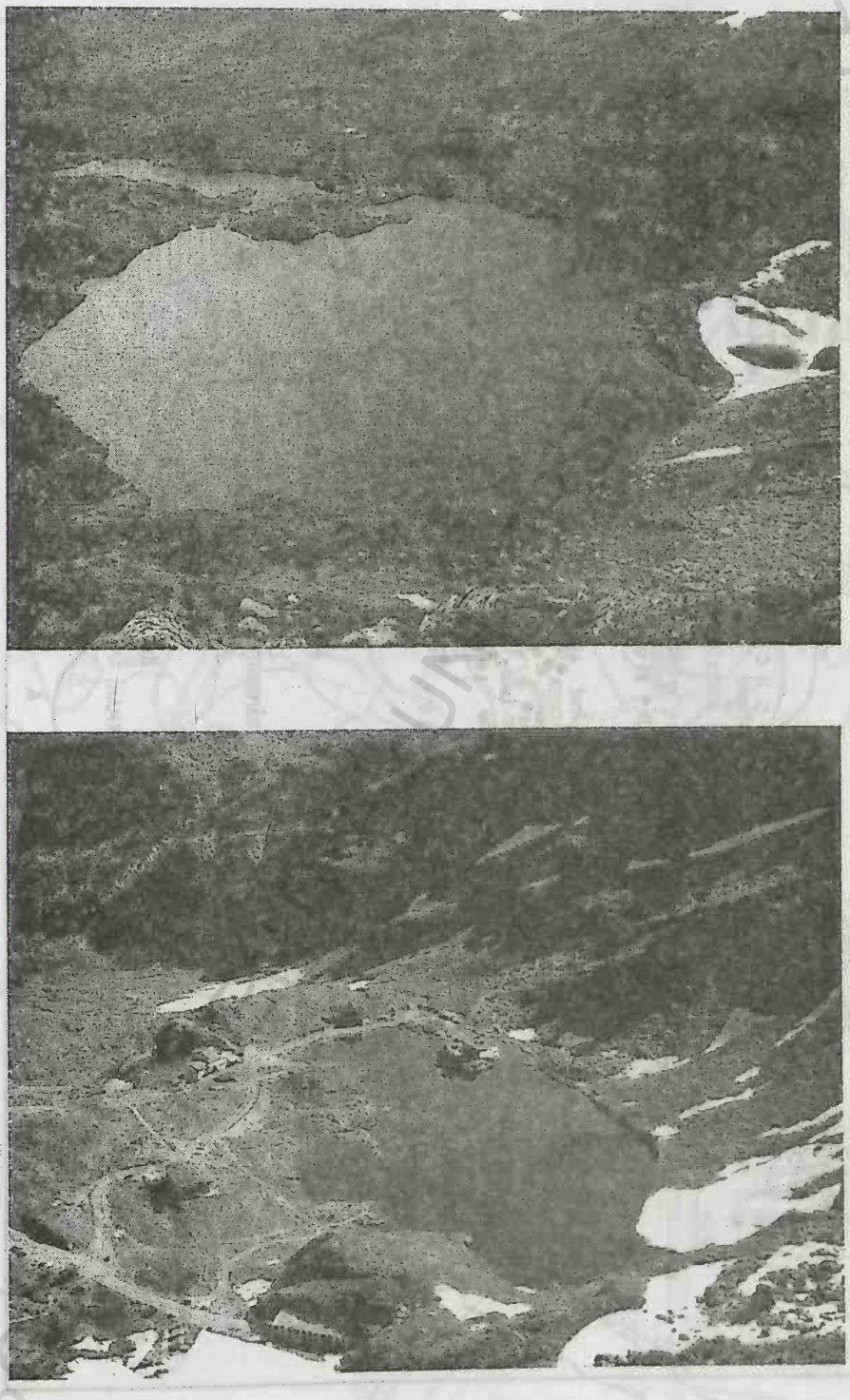
Râul Dâmbovița (cădere, cascadă)



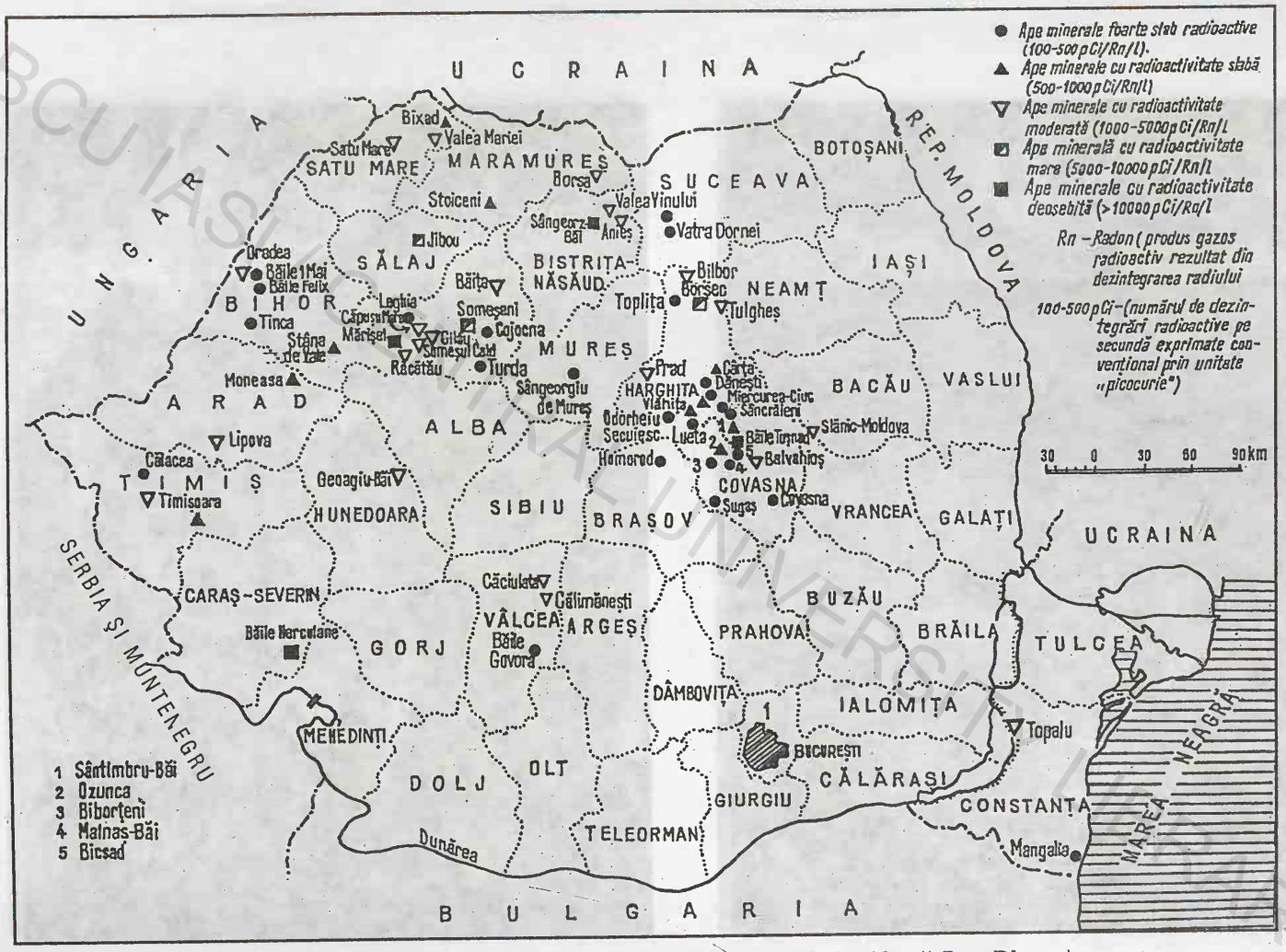
Cazanele mari (versant se vede Dunărea la bază)



Lacuri glaciare din Retezat

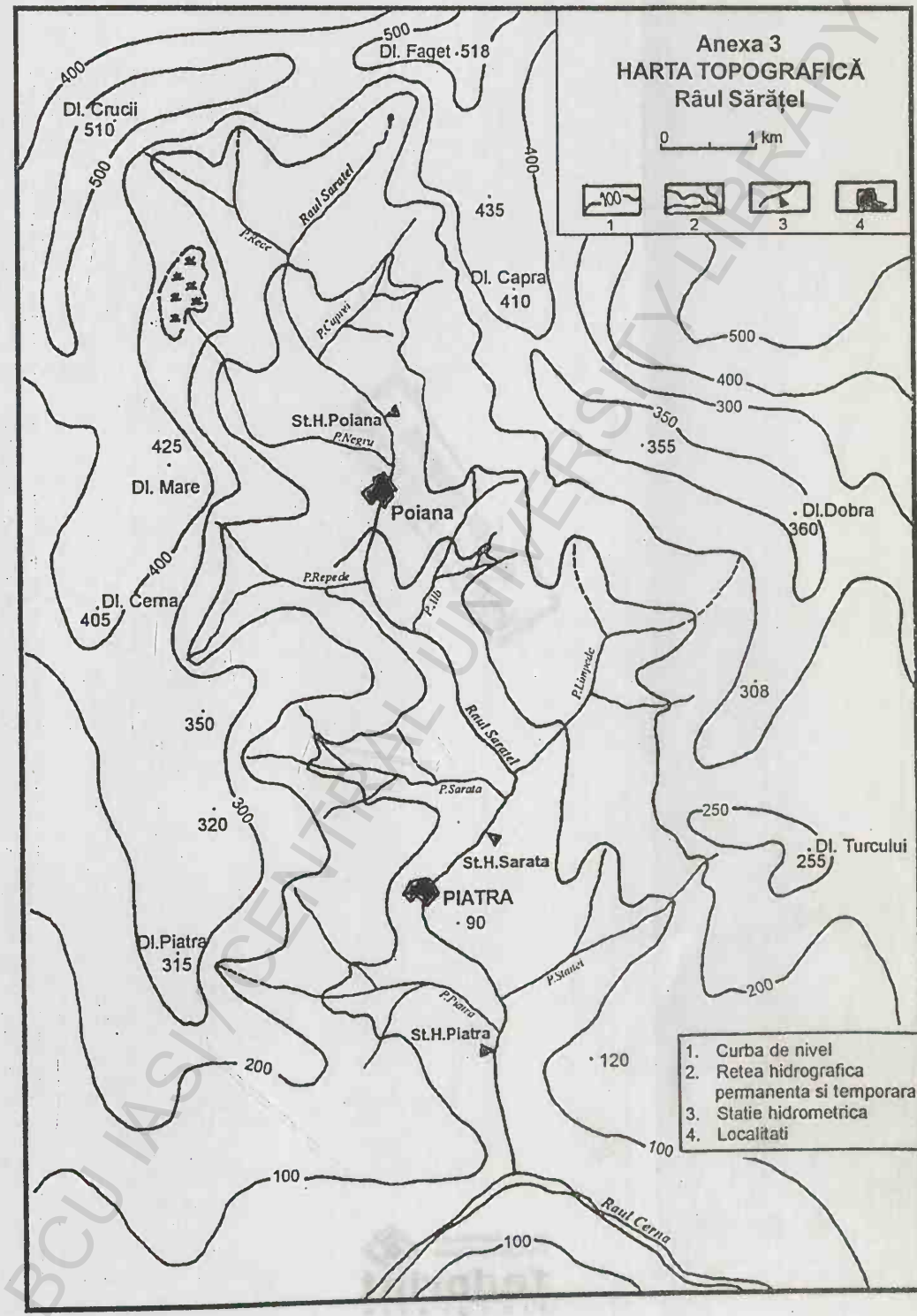


Lacuri glaciare din Făgăraş



ANEXA 2. Apele minerale radioactive din România (după Ion Pişota)

BCU IAȘI BIBLIOTECA UNIVERSITARĂ



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Bdul Tudor Vladimirescu, nr. 31,
sector 5, Bucureşti, ROMÂNIA
fedprint
tipografie
Tel.: 411.00.55; 411.47.76 fed@promo.ro

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Anexa 1. Harta izvoarelor minerale din România

Prof. univ. dr. **ION PIŞOTA**, a absolvit Facultatea de Geologie - Geografie a Universităţii din Bucureşti în 1950, iar din toamna aceluiaşi an ocupă un post de preparator la disciplina de hidrologie, parcurgând apoi toate etapele ierarhiei didactice până la gradul de profesor universitar în 1971. Din 1996 este profesor consultant la Facultatea de Geografie a Universităţii din Bucureşti. A susţinut doctoratul în geografie fizică la Universitatea *Babeş Bolyai* din Cluj Napoca, în 1964. Este conducător de doctorat din 1969. A publicat singur şi în colaborare manuale universitare (*Hidrologie*, *Hidrologie aplicată*, *Hidrologia României*, *Hidrologia uscatului*, *Biogeografie*) şi monografii geografice precum: *Geografia Porţilor de Fier*, 1976, *Judeţul Covasna*, 1975, *Judeţul Harghita*, 1976. A colaborat la *Tratatul de geografie a României*, *Atlasul naţional de geografie* şi *Enciclopedia geografică a României*. A elaborat studiul de limnologie *Lacurile glaciare din Carpaţii Meridionali*. A publicat peste 100 de articole şi studii în diverse reviste de specialitate din ţară şi străinătate.

LILIANA ZAHARIA este licenţiată a Facultăţii de Geologie - Geografie a Universităţii din Bucureşti, specializarea Geografie - Limba Franceză, promoţia 1986. În perioada 1986 - 1989 a funcţionat ca profesor stagiar la Liceul Industrial nr. 3 din oraşul Buzău, iar între 1989 - 1992 a activat ca cercetător hidrolog la I.N.M.H. Bucureşti. Din toamna anului 1992 a ocupat postul de asistent universitar la Catedra de Meteorologie - Hidrologie a Facultăţii de Geografie din Universitatea Bucureşti, unde începând din anul 2002 deţine gradul de conferenţiar universitar. Este doctor în geografie fizică din 1997. În perioada 2000 - 2002 a urmat cursul postuniversitar în domeniul gestiunii resurselor de apă organizat în Elveţia de Şcolile Politehnice din Lausanne şi Zürich şi de Universitatea din Neuchâtel.

În calitate de cadru didactic al Facultăţii de Geografie a susţinut cursuri şi lucrări practice la discipline hidrologice (Hidrologie, Hidrometrie, Apele României, Hidrologie frecvenţială ş.a.) şi a desfăşurat activităţi de cercetare ale căror rezultate au fost prezentate la reuniuni ştiinţifice naţionale şi internaţionale (în Franţa, Italia, Maroc, Spania, Olanda). Este autoare a lucrării *Resursele de apă din bazinul râului Putna. Studiu de hidrologie* (1999) şi coautoare a lucrărilor *Hidrologie. Lucrări practice* (1995), *Hidrologie* (2001, 2002), *Hidrologia uscatului* (2003), *Ghid de activităţi practice. Hidrologie* (2002, 2003).

DANIEL CONSTANTIN DIACONU, absolvent al Facultăţii de Geografie, specializarea Ştiinţa Mediului (1992 - 1997), urmează apoi studiile aprofundate specializarea Gospodărirea şi valorificarea durabilă a resurselor de apă (1998) şi masterul Ingineria resurselor de apă (1999 - 2001) UTCB, Facultatea de Hidrotehnică. În prezent este lector universitar la Facultatea de Geografie a Universităţii din Bucureşti.

Doctor în Geografie cu distincţia *„Magna Cum Laude"* (Academia Română), titlu obţinut în urma susţinerii lucrării: *Sinteze hidrologice privind scurgerea lichidă şi de aluviuni în bazinul hidrografic Buzău* (Conducător prof. univ. dr. Ion Zăvoianu). Lucrarea de doctorat este publicată sub numele *„Resursele de apă din bazinul râului Buzău* (2005).

Domeniul de interes ştiinţific de care se preocupă cuprinde: prognoze hidrologice, hidrologie dinamică, calcule şi sinteze hidrologice, management hidrologic, gospodărirea apelor.

Activitatea desfăşurată se concretizează în mai multe articole ştiinţifice şi cărţi (ca unic autor sau coautor), precum: *Prognoze hidrologice - Aplicaţii*, *Hidrologie aplicată - Lucrări de laborator*, *Activităţi practice de hidrologie în arealul „Porţile de Fier"*, *Meteorologie şi hidrologie - lucrări practice*, *Prelucrarea şi reprezentarea datelor climatologice şi hidrologice*.

ISBN 973-749-002-9
9 789737 490025

www.editurauniversitara.ro